

УДК 621.039 + 577,22 + 539.16(001.5)

МЕТРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ В ЗАКОНОМІРНОСТЯХ РОЗПАДУ РАДІОІЗОТОПІВ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

В. І. МАКСІН, доктор хімічних наук, професор,

О. З. СТАНДРИТЧУК, кандидат хімічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: vimaksin@gmail.com

Досліджено логарифмічну залежність величини $F_N = G(m_u A_N)^2 / (cT_{1/2})^2$ – гравітаційної сили, створюваної масою довкола ядра атома, яка стримує діє на фотони радіоактивного випромінювання в межах умовної сфери з радіусом $r_{1,2} = cT_{1/2}$, тобто на відстані їх вільного пробігу за час, що дорівнює періоду напіврозпаду $T_{1/2}$ радіонукліду, від величини $T_{1/2}$. Об'єктами дослідження були вибірка 297-ми “середньо” і “довго живучих” ізотопів із розрізнених радіоактивних ланцюжків і окремо повні вибірки генетично пов'язаних радіонуклідів із 4-х природних радіоактивних рядів. Показано, що лінії наближення до функцій $\ln(F_N) = f(\ln T_{1/2})$ з високою достовірністю апроксимації $R^2 \approx 1$ описуються простими рівняннями типу $\ln(F_N) = -a \ln(T_{1/2}) - b$, коефіцієнти яких легко пов'язуються математичними формулами з константою Габбла, сталою тонкої структури та іншими фундаментальними константами.

Ключові слова: радіонукліди, період напіврозпаду, фундаментальні константи, стала тонкої структури, константа Габбла

Актуальність. Високоточне визначення фундаментальних фізичних, космологічних, фізико-хімічних і біологічних констант [1-5], окрім прецензійних методів визначення основних одиниць – часу, простору і маси, повинно бути обґрунтоване надійними експериментальними даними та методиками їх взаємоузгодження. На сучасному етапі в основному використовують еталони, що базуються на фіксованих частотах квантових переходів між енергетичними рівнями, а також параметрах довжин хвиль певного випромінювання окремих атомів і молекул [6-8], чи закономірностях радіоактивного розпаду окремих радіоізоотопів [9, 10].

Використання для зазначених цілей еталонів на основі груп атомів різних

хімічних елементів, особливо великої кількості ізотопів, яких на сьогодні відомо ~ 3240, дозволило б збільшити обґрунтованість і точність визначення фундаментальних констант через залучення у відповідні формули значного обсягу експериментальних даних взаємно компенсуючих привнесення експериментальних похибок. Такий підхід на наш погляд є водночас і цікавим, але і проблематичним через відсутність встановлених строгих лінійних залежностей, між різними фізичними параметрами радіоізоотопів, наприклад між атомною масою, радіусом ядра, характеристиками випромінювання і т. п., та періодами напіврозпаду.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Із уже відомих детально обґрунто-



ваних графічних взаємо залежностей різних фізичних, хімічних, термодинамічних, електрохімічних та інших параметрів хімічних елементів [11] усі без виключення мають чіткий, але складний періодичний характер, що не уможливає їх узагальнення на рівні фізико-математичних формул.

Відносно стану вивчення закономірностей радіоактивного розпаду, то для більшої частини із ~ 2969 ідентифікованих на даний час радіонуклідів вони давно вивчені, постійно уточнюються та доповнюються новими даними [12-14]. В результаті накопичено багато неодноразово перевірених експериментальних даних готових для подальшого узагальнення. Оскільки виявити цілеспрямовані дослідження на встановлення строгих лінійних кореляцій між різними фізичними параметрами великого масиву радіонуклідів нам не вдалося, то продовження пошуків на цьому шляху повинно викликати певний науковий інтерес.

Мета дослідження. Основною задачею, що ставили перед собою автори, було проведення наукових досліджень з метою пошуку нових шляхів взаємозгодження фундаментальних фізичних, космологічних, фізико-хімічних та інших важливих констант на основі узагальнення параметрів радіоактивного розпаду ~ 2969 відомих на сьогодні радіонуклідів різних хімічних елементів, опублікованих в офіційних фахових виданнях [12-14]. Зрозуміло, що подібні задачі квантової метрології якнайкраще можуть бути розкриті тільки в комплексі на стиках різних дисциплін. Такий підхід є продовженням попередніх наших досліджень [15-18], присвячених висвітленню всеосяжного поєднання на шляху еволюції усіх процесів природи.

Матеріали і методи досліджень. Основною ідеєю закладеною в методиці дослідження, була спроба оцінити вели-

чину зневажливо малої гравітаційної сили FN, яка завжди генерується будь якою масою довкола її центру, на межі, що дорівнює вільному пробігу фотонів світла за час незмінності існування величини маси (тобто до її розпорощення, поділу на частини чи злиття з іншими) і яка стримує діє на фотони в межах цієї умовної сфери. Далі співставляючи вираховані для однотипних об'єктів величини сили відслідкувати закономірність розподілу FN за періодами "життя" об'єктів, що її генерують. Для зірок це час вигорання, який для ідеальної зірки з масою сонця $M_{\odot} = 1,9891 \cdot 10^{30}$ кг становить $T_{\odot} = 1 \cdot 10^{10}$ років, а для радіонуклідів – час, що дорівнює періоду їх напіврозпаду $T^{1/2}$.

Величина сили генерованої ядрами атомів радіонуклідів, яка стримуючи діє на фотони радіоактивного випромінювання в межах умовної сфери з радіусом $r_{1,2} = cT^{1/2}$, обчислюється через зміни у відомій формулі Ньютона [19] для гравітаційної взаємодії мас $F_N = G(M_N)^2 / (r_{1,2})^2$. Зокрема, значення радіусу змінимо на величину вільного пробігу фотона – $r_{1,2} = ct$, а масу на добуток атомної одиниці, вираженої в кг, на величину атомної маси радіонукліду, вираженої в а. о. м., – $M_N = m_u \cdot A_N$. Після таких заміни на межі взаємодії величина сили обчислюється як:

$$F_N = \frac{G \cdot (m_u A_N)^2}{(cT_S)^2} \quad (1)$$

де, $m_u = 1,66053904 \cdot 10^{-27}$ кг – атомна одиниця маси, а $c = 299792458$ м/с – швидкість світла у вакуумі згідно СОGATA 2014 [3]; $G = 6,671910092231 \cdot 10^{-11}$ м³/(кг·с²) – гравітаційна стала, згідно останніх вимірювань [1]; $T^{1/2}$, с – період напіврозпаду радіонукліду, обов'язково в системних одиницях; $A_N = (m_p \cdot N_p) + (m_n \cdot N_n)$, а. о. м. – атомна маса радіонукліду, вирахована згідно [19] як сума добуток: маси протону m_p на кількість протонів N_p ($N_p = Z_N$, де Z_N заряд ядра) та маси нейтрону m_n на кіль-

кість нейтронів N_n ($N_n = M_N - Z_N$, де M_N – масове число) в ядрі.

Результати дослідження та їх обговорення. Слід зазначити, що спочатку передбачалось детально дослідити на предмет підпорядкованості формулі (1) вибірки радіонуклідів генетично пов'язаних спільними радіоактивними ланцюжками, адже через підпорядкованість віковій рівновазі вони наперед запрограмовані на певні кількісні співвідношення залежно від їх періодів напіврозпаду. А саме, чим менше значення $T_{1/2}$ ізотопу в радіоактивному ряду, тим меншим є його вміст у земній корі. З огляду на зазначене у групах генетично споріднених ізотопів очікувалось проявлення строго лінійних кореляцій величини F_N з періодом напіврозпаду $T_{1/2}$, тому цілком закономірно об'єктами детального аналізу стали (роздільно) чотири повні вибірки радіонуклідів із 4-х природних радіоактивних рядів: торієвого ($4n$) $^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$; нептунієвого ($4n+1$) $^{237}\text{Np} \rightarrow ^{205}\text{Tl}$; радієвого ($4n+2$) $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$; і актинієвого ($4n+3$) $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$.

Одержані результати від обчислень згідно формули (1) для вибірок радіоізотопів з природних радіоактивних рядів, а також більшості із ~ 2969 відомих на сьогодні

радіонуклідів різних хімічних елементів систематизували і досліджували за допомогою Excel 2013 графічного програмного доповнення на предмет характеру залежності F_N та інших характеристик від періоду напіврозпаду $T_{1/2}$. Водночас було виявлено чіткі лінійні кореляції з побудовою лінії наближення які, для повних логарифмічних функцій $\ln(F_N) = f(\ln T_{1/2})$ усіх вибірок, описуються з високою достовірністю апроксимації ($R^2 \approx 1$) рівняннями типу $y = -ax - b$. Параметри рівнянь ліній наближення і відповідні величини достовірності апроксимації R^2 представлені в таблиці.

Для наглядного пояснення результатів дослідження на рис. 1 вибірково представлені найбільш характерні графічні зображення одержаних логарифмічних функцій $\ln(F_N) = f(\ln T_{1/2})$.

Зокрема, на рисунку 1 а, показано графічний вигляд відповідної функції для ізотопів природного актинієвого радіоактивного ряду. У цій вибірці ізотопів, генетично пов'язаних з материнським ізотопом ^{235}U , досягнуто найвищу достовірність апроксимації – $R^2 = 0,9999953479630$, тому лінія наближення практично співпадає з експериментальними точками.

Залежність параметрів рівнянь ліній наближення, до повних логарифмічних функцій $\ln(F_N) = f(\ln T_{1/2})_N$ від характеру вибірки радіонуклідів та їх кількості у вибірці

Характер вибірки радіонуклідів	Параметри рівняння лінії наближення $y = -ax + b$, та величина достовірності апроксимації R^2
радіонукліди торієвого ряду ($4n$) $^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$;	$y = -1,99488178949811 \cdot x - 51,67586484776480$ $R^2 = 0,99999087188485$
радіонукліди нептунієвого ряду ($4n+1$) $^{237}\text{Np} \rightarrow ^{205}\text{Tl}$;	$y = -1,99824343728798 \cdot x - 51,66015118240090$ $R^2 = 0,99998613630358$
радіонукліди радієвого ряду ($4n+2$) $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$;	$y = -1,99657828854270 \cdot x - 51,72911055576580$ $R^2 = 0,99998349170229$
радіонукліди актинієвого ряду ($4n+3$) $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$;	$y = -1,99422522218733 \cdot x - 51,73569374623360$ $R^2 = 0,99999534796300$
вибірка 297-ми “середньо” і “довго живучих” радіонуклідів	$y = -2,00224697728826 \cdot x - 139,09355490996000$ $R^2 = 0,994653754982882$

Дещо інша ситуація з функцією $\ln(F_N) = f(\ln T_{1/2})$, що представлена на рисунку 1 б. Вона побудовано на базі великої вибірки – 297-ми “середньо” і “довго живучих” ізотопів з розрізнених радіоактивних ланцюжків, що складає 10-ту частину від ~2969-ти досліджених на сьогодні радіонуклідів, характеризується більшим розпорошенням експериментальних точок і нижчою достовірністю апроксимації.

Водночас виділяється група ізотопів, поява яких характерна на ранніх стадіях вигорання зірок. Це тритій, берилій-7, берилій-10 та радіовуглець-14 (рис. 1 б). Причина такого випадання не з’ясована.

Із представленого в таблиці і на рисунку 1 також видно, що у функцій $\ln(F_N) = f(\ln T_{1/2})$ усіх серій ізотопів генетично пов’язаних у природних радіоактивних рядах достатньо високі достовірності апроксимації, а тангенціальний нахил і значення коефіцієнтів “а” і “б” з їх рівнянь ліній наближення досить близькі. Більш детальний аналіз виявив зв’язок коефіцієнтів рівнянь ліній апроксимації до функцій $\ln(F_N) = f(\ln T_{1/2})$ із важливими фундаментальними константами. Зокрема, встановлений зв’язок тангенса кута нахи-

лу ліній наближення, що дорівнює першому коефіцієнту рівняння прямої ($\text{tg}\beta = \alpha = -2,00224697728826$ із числовими параметрами основних атомних одиниць, наприклад:

$$\mu_u = \frac{(128 + \Delta n)^2}{4 \cdot 10^3 \cdot (\text{Int } a - a)} \quad (2)$$

де, $= 1822,888485332$ [3] – співвідношенням атомної одиниці до маси електрону $\Delta n = 5,118486270697406 \cdot 10^{-7}$ – дуже мала поправка, яка точно визначається із співвідношення

$$\frac{c^2 t_{\oplus}^2}{4\pi^2 a_{\oplus}^3} \cdot \frac{4\Delta n}{\ln 2} = \frac{1}{4\pi} \mu_c Gc \quad (3)$$

тобто через основні фундаментальні фізичні і астрономічні одиниці: $a_{\oplus} = 149597870691$ м – астрономічна одиниця довжини (середньостатистична відстань до від Землі до Сонця) і $t_{\oplus} = 3,15569259747$ с – астрономічна одиниця часу (тривалість точно виміряного в 1900 році тропічного року). Причому, у авторів є підстави вважати, що величина t_{\oplus} є абсолютною константою як середньостатистична тривалість тропічного року взагалі в системі Земля-Сонце з відомими на сьогодні космо-

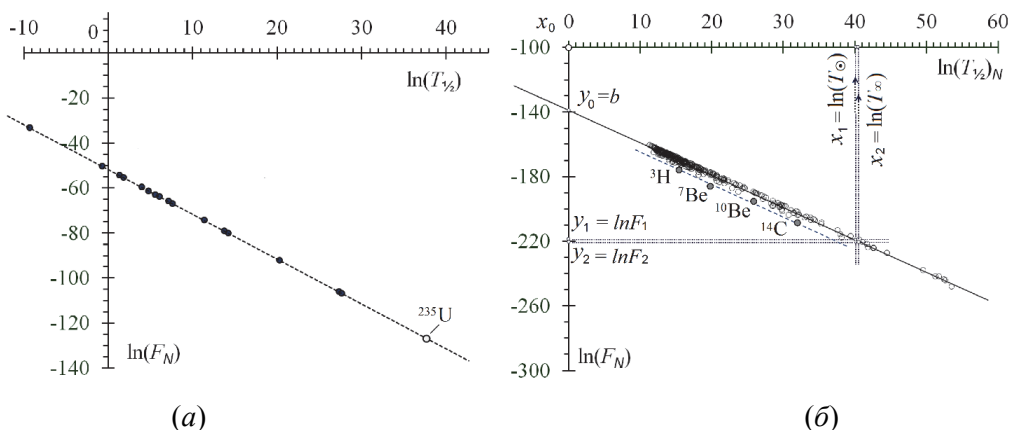


Рис. 1. Логарифмічна залежність величини сили $F_N = G(M_N)^2 / (cT_{1/2})^2$ від періоду напіврозпаду $T_{1/2}$ радіонукліду для: (а) – суми генетично пов’язаних ізотопів з природного актинієвого радіоактивного ряду, (б) – вибірки із 297-ми “середньо” і “довго живучих” ізотопів з розрізнених радіонуклідних ланцюжків.

логічними, фізичними і геофізичними параметрами, що синусоїдально дрейфує ~ 0,00053 с/рік. Подвоєний період такої синусоїди вірогідно співпадає з циклом дрейфу напрямку осі Землі, протяжністю в ~26342,65 років [21], тобто дорівнює чотирьом сааросам. Не змішувати з поняттям сарос, яке відноситься до циклу місяця і дорівнює: 18 років, 11 діб і ~ 8 годин, тобто 6585,6929 доби [22].

Встановлено також, що кут тангенціального нахилу, вирахований із тотожності $\mathbf{g} \beta = \alpha$, для всіх серій $\angle \beta = -63,460674162546^\circ \div -63,368621563148^\circ$ корелює з величиною Δt_{AT} :

$$\beta_o = -\sqrt{\frac{2\pi}{10\Delta t_{AT} \text{tg}\{1''\}}} = -\frac{360^\circ}{\sqrt{\Delta t_{AT}}} = -63,457431697035^\circ \quad (4)$$

де, $\Delta t_{AT} = 32,184$ с – величина часового зміщення між ефемеридним (ЕТ) та атомним (ТАІ) часом, при якому нуль пункт шкали ТАІ і атомний час на дату введення (1 січня 1958 року) якомога точніше збігався з Всесвітнім часом UT2 [20].

Далі порівнюючи величину тангенсу кута вирахованого згідно формули (4) $\text{tg} \beta_o = a_o = -2,001963541982167$, з експериментальною величиною тангенсу кута нахилу, який у випадку серії з вибіркою 297-ми радіоізотопів дорівнює $\text{tg} \beta = a = -2,00224697728826$, було виявлено, що їх величини знаходяться в дуже цікавому співвідношенні – рівнозначному з коефіцієнтом реліктового розширення $k_T = (a_o / a) = 0,999858441$, за допомогою якого узгоджуються числові значення астрономічної одиниці $t_\oplus = 3,15569259747$ с [5, 19] та універсальної просторової одиниці, водночас фундаментальної фізико-хімічної величини, яким є мольний об'єм, адже це точно визначений $V_o = 0,022413968196094262$ м³/кмоль об'єм, який буде займати будь яка речовина в кількості 1 г-атома, чи 1 г-моля у газоподібному стані, приведену до нормальних

умов ($P_o = 101325$ Па і $T_o = 273,15$ К.) [3, 19]. Формула узгодження досить проста

$$t_\oplus^\circ = 2\pi \cdot F_\oplus^\circ (k_T V_o)^\circ \quad (5)$$

де, $k_T = (T_o - \Delta t_o) / T_o = 0,999858769394\dots$ – той же вищезгаданий ($k_T = (a_o / a)$ коефіцієнт за іншим, класичним визначенням, у якому $\Delta t_o = 0,03857714$ К – це нижня межа температури виродженого реліктового фону що безпосередньо пов'язана з відомою верхньою межею температури реліктового фону $\Delta t_* = \alpha_o Z_o = \alpha_o \mu_o c = 2,74913$ К [19] через середньозважену величину сталої Габбла,

$$H_a^\circ = \frac{\Delta t_*}{\Delta t_o} r_o \ln 2, \quad (6)$$

яка для наближених галактик дорівнює $H_a^\circ = 4\pi \cdot \alpha_o \mu_o^{-1} = 72971,71635$ (м/с)/Мпк

Нижче цілеспрямовано приводимо графік розподілу швидкостей розтікання галактик в залежності від відстані до них для великої вибірки із 1355 об'єктів (рис. 2), що безпосередньо пов'язаний із космологічною константою Габбла, оскільки з визначенням її точного цифрового значення не так все однозначно [23]. Для наглядної демонстрації закономірностей розподілу галактик на графік нами спроектована сітка зі шкалою поділки, яка дорівнює пів кроку феноменальної матриці $|7 \ 9 \ 13 \ 29|$, тобто $\mathfrak{H}G_{1/2} = 23751$.

Така увага до проблеми визначення величини H_a° продикувана тим, що є висока вірогідність підпорядкованості механізмів радіоактивного розпаду атомів із параметрами розширення Всесвіту. На це вказує і виявлений нами зв'язок із сталою Габбла параметрів рівняння ліній апроксимації до функції $\ln(F_N) = f(\ln T/2)$, побудованих для великої вибірки різномірних радіонуклідів. Зокрема, якщо розв'язуючи відповідне рівняння умовно задавати абсциси значення еквіваленті, наприклад, в

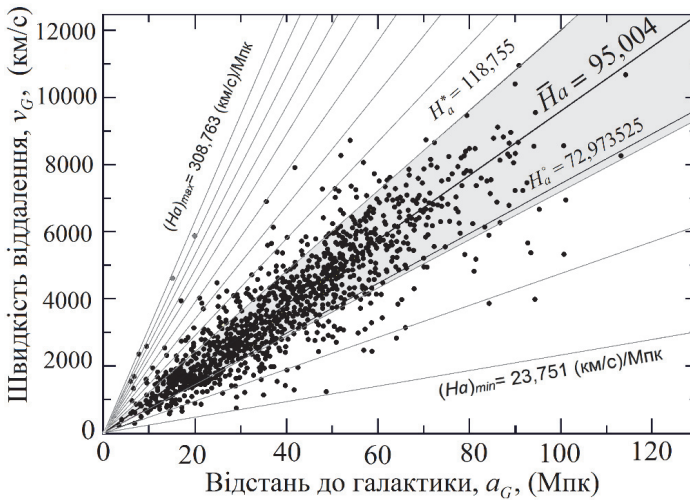


Рис. 2. Розподіл за швидкостями розтікання (взаємо віддалення) галактик в залежності від відстані між спостерігачем та галактикою для вибірки із 1355 об'єктів спостереження

точці x_1 – часу вигорання зірки з масою Сонця $t_{\odot} = t_{\oplus} \cdot 10^{10}$ с, а в точці x_2 – часу існування всесвіту $t_{\infty} = t_{\oplus} \cdot 13,70536 \cdot 10^9$

с, то на виході одержимо два характеристичні значення умовних величин досліджуваної нами сили F_N за схемою:

$$\ln F_1 = y_1 = (-ax_1 - b) = -2,00224697728826 \cdot (\ln t_{\odot}) - 139,09355490996 = 219,77040186629073,$$

$$F_1 = \exp(y_1) = \exp(-ax_1 - b) = \exp(-a \ln t_{\odot} - b) = 3,588617608733645e-96,$$

$$\ln F_2 = y_2 = (-ax_2 - b) = -2,00224697728826 \cdot (\ln t_{\infty}) - 139,09355490996 =$$

$$220,40125682062611, F_2 = \exp(y_2) = \exp(-ax_2 - b) = \exp(-a \ln t_{\infty} - b) = 1,90963496654702e-96.$$

Ці сили F_1 і F_2 , як ввилося, через прості формули переходу від мікромасштабів з атомними одиницями маси $m_u = 1,660539 \cdot 10^{-27}$ кг, до космологічних – де одиницею є маса Сонця $M_{\odot} = 1,9891 \cdot 10^{30}$ кг, дуже точно відтворюють числові значення сталої Габбла:

$$\frac{1}{4\pi} \mu_{\odot} H_a^{\circ} = \frac{10^{-6}}{k_1 M_{\odot} c} \cdot \sqrt{\frac{G}{F_1}},$$

$$\text{або } \frac{1}{4\pi} \mu_{\odot} \bar{H}_a^{\circ} = \frac{10}{k_2 M_{\odot} c} \cdot \sqrt{\frac{G}{F_2}} = (7)$$

$$\text{де, } k_1 = 1 - \frac{1}{\ln \sqrt{F_1}} = 0,99089959347 \text{ і } i = 1,$$

$$k_2 = 1 + \frac{1 + (2\gamma_{\odot} \alpha_{\odot})^3}{32} = 1,04339355866 - \text{поправочні коефіцієнти; } \gamma_{\odot}^{-1} = Gc = 0,0200018832609864255218 - \text{комплексна}$$

(об'єднана) константа гравітаційної та електромагнітної взаємодії; $\alpha_{\odot}^{-1} = 137,036002278846559$ (безрозмірна) – стала тонкої структури масштабу Стоні. Зазначимо тільки, що запропоноване числове значення α_{\odot}^{-1} дещо відрізняється від останніх офіційних рекомендацій CODATA 2014 і 2010, але воно багаторазово перевірено нами на узгодженість з більшістю фундаментальних констант; $\bar{H}_a^{\circ} = 4\mathfrak{R}_{G/2} = 95004$ (м/с)/Мпк – середньозважена величина сталої Габбла, яка проявляється у великій вибірці Галактик;

Висновки

Повні логарифмічні залежності величини $F_N = G(m_u A_N)^2 / (cT/2)^2$ – гравітаційної сили, створюваної масою довкола ядра атома, яка стримує діє на фотони випромінювання в межах відстані їх вільного

пробігу за час, що дорівнює періоду напіврозпаду $T_{1/2}$ радіонукліду (тобто межах умовної сфери з радіусом $r_{1,2} = cT_{1/2}$) від величини $T_{1/2}$ описуються простими рівняннями типу $\ln(F_N) = -a \cdot \ln(T_{1/2}) - b$ з високою достовірністю апроксимації $R^2 \approx 1$.

Коефіцієнт a , що те саме – тангенс кута нахилу, лінії наближення до функцій $\ln(F_N) = f(\ln T_{1/2})$ особливо для побудованих на великих вибірках ізотопів із розрізнених радіоактивних ланцюгів добре корелює з фундаментальними фізични-

ми, фізико-хімічними, астрономічними і космологічними константами на рівні строгих фізико-математичних формул.

Кореляція коефіцієнтів a і b з рівнянь ліній наближення до функцій $\ln(F_N) = f(\ln T_{1/2})$ з фундаментальними константами, зокрема зі сталою тонкої структури і константою Габбла дозволяє здійснити їх взаємоузгодження і вказує на високу вірогідність підпорядкованості механізмів радіоактивного розпаду атомів параметрам закономірностям розширення Всесвіту.

Література

1. Rosi G. Precision measurement of the Newtonian gravitational constant using cold atoms. [Electronic resource]. G. Rosi, F. Sorrentino, L. Cacciapuoti and all. // Nature. – 2014. – 510. – p. 518–521, (26 June 2014). – Available at: <http://dx.doi.org/10.1038/nature13433>
2. Certain investigations regarding variable physical constants. [Electronic resource]. Amritbir Singh, R. K. Mishra & Sukhjit Singh // IJRRAS. – Vol. 6 (1). – January 2011. – Available at: http://www.arpapress.com/Volumes/Vol6Issue1/IJRRAS_6_1_03.pdf
3. 2014 CODATA Recommended values of the fundamental physics and-chemistry constants [Electronic resource]. P. J. Mohr, D. B. Newell, and B. N. Taylor. // NIST SP 959 (Aug 4, 2015). – Available at: <http://arxiv.org/abs/1507.07956v1.pdf>.
4. IAU (1976) System of Astronomical Constants [Electronic resource]. – Available at: – http://asa.usno.navy.mil/static/files/1976/IAU_1976.pdf.
5. Astrophysical Constants and parameters [Electronic resource]. Particle Data Group. – Available at: <http://pdg.lbl.gov/2015/reviews/rpp2015-rev-astrophysical-constants.pdf>
6. Unit of time (second) [Electronic resource]. // SI Brochure, Section 2.1.1.3: ISU (SI) [8-th edition, 2006]. – updated 2014. – Available at: <http://www.bipm.org/en/publications/si-brochure/second.html>.
7. Метрология как наука. [Электронный ресурс]. // Популярная механика. – 2008. – № 69, июль. – С. 82-84. – Режим доступа: <http://www.popmech.ru/science/7760-vysshaya-mera-metrologiya-kak-nauka/#full>.
8. Голубев А. В. В погоне за точностью: единый эталон времени—частоты—длины. [Текст]. // Наука и жизнь. – 2009. – №12. – С. 68-74.
9. What is a Radiometric Dating. [Electronic resource quoted]. // Chapter from the book: The Revised & «Expanded Answers Book. Ken Ham K, Jonathan Sarfati, and Carl Wieland. – Edited by Don Batten (Master Books, 2000) – Available at: http://www.goldentime.ru/hrs_text_012.htm.
10. Кузьмин Я. В. Радиоуглеродный метод и его применение в современной науке. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://antropogenez.ru/article/373/>.
11. Щеголев В. А. Ритмы материи и периодический закон Д. И. Менделеева. [Текст]. // Природа. – 2009. – №1. – С. 32-43. – Электронный режим доступа:
12. Interactive Chart of Nuclides. [Electronic resource]. – Available at: – <http://www.nndc.bnl.gov/chart/>.
13. CRS Handbook of Chemistry and Physics [Text]; 70-th. Edition.- Boca Raton, Florida: CRS Pres. Inc. – 1984. – 1990 pp.
14. Таблицы физических величин [Текст]; Справочник / Под ред. Кикоина И.К. – М.: Атомиздат. – 1976. – 1008 с.
15. Максін В.І., Стандритчук О.З. Отражение общих эволюционных процессов природы в радионуклидных рядах [Текст]. // Проблемы чернобыльской зоны відчуження. Науково-технічний збірник. К.: Наукова думка. – 1996. – Вип. 4. – С. 70-44.
16. Максін В.І., Стандритчук О.З. Аспекти порушення вікової рівноваги ізотопів хімічних елементів у біосфері з позицій екології [Текст]. // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2009. – 1, № 1–2. – С. 52-62.
17. Максін В.І., Стандритчук О.З. Альтернативний погляд на процеси метаболізму з дослідженням його параметрів у теплокровних видів [Текст]. // Біоресурси і природокористування. –



2013. – Т.5, № 5-6. – С. 24-37. [Електронний ресурс].– Режим доступу. http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAG
18. Максін В. І., Стандритчук О. З. Некоторые аспекты загрязнения окружающей среды глобальными радионуклидами [Текст].// *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. – 2006. – № 5. – С. 56-67.
19. Суорц Кл. Э. Необыкновенная физика обыкновенных явлений [Текст]. монография: В 2-х томах. Пер. с англ. – М.: Наука, Гл. ред. физ. мат. лит. – Т.1. – 1986. – 400 с; – Т.2. – 1987. – 384
20. International Atomic Time [Electronic resource]. – Available at: – https://en.wikipedia.org/wiki/International_Atomic_Time.
21. Бялко А.В. Наша планета Земля [Текст]. Бялко А.В. брошура: М.: Наука, Гл. ред. физ. мат. лит. (Б-ка “Квант”. – Вып. 29). – 1989. – 188 с.
22. Saros [Electronic resource]. – Available at: – <https://en.wikipedia.org/wiki/Saros>.
23. Зельдович Я.Б., Новиков И.Д.– Стрoение и эволюция Вселенной [Текст] – М.: Наука. – 1975. – Раздел: Хаббла закон [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.astronet.ru/db/msg/1188287>.

References

- Rosi G., Sorrentino F, Cacciapuoli L. and all. (2014). Precision measurement of the Newtonian gravitational constant using cold atoms. [Electronic resource]. *Nature*, 510: 518–521. <http://dx.doi.org/10.1038/nature13433>
- Singh Amritbir, Mishra R. K. & Singh Sukhjait. (2011). Certain investigations regarding variable physical constants. *IJRRAS*, Vol. 6 (1). Available at: http://www.arpapress.com/Volumes/Vol6Issue1/IJRRAS_6_1_03.pdf
- Mohr P. J., Newell D. B., Taylor B. N. (Aug 4, 2015). 2014 CODATA. Recommended values of the fundamental physics and-chemistry constants. NIST SP 959. Available at: <http://arxiv.org/abs/1507.07956v1.pdf>.
- IAU (1976) System of Astronomical Constants. Available at: http://asa.usno.navy.mil/static/files/1976/IAU_1976.pdf.
- Astrophysical Constants and parameters. Particle Data Group. Available at: <http://pdg.lbl.gov/2015/reviews/rpp2015-rev-astrophysical-constants.pdf>
- Unit of time (second). SI Brochure, Section 2.1.1.3: ISU (SI) [8-th edition, 2006]. Updated 2014. Available at: <http://www.bipm.org/en/publications/si-brochure/second.html>.
- Metrology as science (2008). *Popular Mechanics*, 69: 82-84. Available at: <http://www.popmech.ru/science/7760-vyssshaya-mera-metrologiya-kak-nauka/#full>.
- Golubev A. V. (2009). In pursuit of precision: a single time standard is a frequency – length. *Science and life*, 12: 68-74.
- Ham K. Ken, Sarfati Jonathan and Wieland Carl. Edited by Don Batten. (2000). What is a Radiometric Dating. Chapter from the book: *The Revised & “Expanded Answers Book”*. Master Books. Available at: http://www.goldentime.ru/hrs_text_012.htm.
- Kuzmin Y. V. The radiocarbon method and its application in modern science. Available at: <http://antropogenez.ru/article/373/>.
- Shchegolev V.A. (2009). Rhythms and matter and periodic law of Mendeleev. *Nature*, 1: 32-43.
- Interactive Chart of Nuclides. Available at: <http://www.nndc.bnl.gov/chart/>.
- CRS Handbook of Chemistry and Physics; 70-th. Edition.-Boca Raton, Florida: CRS Pres. Inc., 1984, 1990 pp.
- Kikoin I.K. ed. (1976). *Table of physical units; Guide*. Moscow: Atomizdat, 1008.
- Maksin V. I., Standritchuk O. Z. (1996). Reflected the general nature of evolutionary processes in radionuclide ranks. The problems of the Chernobyl zone of alienation. *Scientific and technical collection*. Kyiv: Naukova dumka, Issue 4: 70-44.
- Maksin V. I., Standritchuk O. Z. (2009). Aspects of violation of the age balance isotopes of the chemical elements in the biosphere of ecology Environmental ecology and safety of vital activity, 1-2: 52-62.
- Maksin V. I., Standritchuk O. Z. (2013). Alternative view on the processes of metabolism studies its options in warm-blooded species Bioresources and environmental sciences, 5: 5-6:24-37. Available at: http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAG
- Maksin V. I., Standritchuk O. Z. (2006). Some aspects of pollution Wednesday global radio nuclides. *Ecology environment and safety of vital activity*, 5: 56-67.
- Swartz Kl. E. (1986). Extraordinary ordinary physics phenomena. Moscow: Nauka, Chs. Ed. phys. mat. lit., V. 1.:400;V. 2: 384.

20. International Atomic Time. Available at: https://en.wikipedia.org/wiki/International_Atomic_Time.
21. Byalko A.V. (1989). Our planet Earth: Brochure. Moscow: Nauka, Chs. Ed. phys. mat. lit. (Laibr. "Quantum.": Issue. 29), 188.
22. Saros. Available at: <https://en.wikipedia.org/wiki/Saros>
23. Zeldovich Y.B. Novikov I.D. (1975). Structure and evolution of the universe : Monograph. Moscow: Nauka: Section: Hubble Law. Available at: <http://www.astronet.ru/db/msg/1188287>.

SUMMARY

V. Maksin, O. Standritchuk. Metrological Aspects In The Regularities Of The Decay Of Radioisotopes Of Chemical Elements// Biological Resources and Nature Management. – 2017. – 9, №3–4. – P.20–28.

Abstract. Investigated the logarithmic dependence of magnitude $f(FN)=G(\mu AN)^2/(cT_{1/2})^2$ – gravitational force of your mass around the nucleus of an atom, which is deterring effect on photons of radiation within the conventional sphere with the radius $r_{1,2} = cT_{1/2}$, i.e. at a distance of their free run for a time equal to the period of the radionuclide half-life $T_{1/2}$, of magnitude $T_{1/2}$. Objects of studies have been picks 297-"medium" and "long living" radioactive isotopes decay chains from disparate and separate full sample genetically associated radionuclides with 4 natural radioactive series. It is shown that line closer to $\ln(FN) = f(\ln T_{1/2})$ with a high accuracy of approximation of $R^2 \approx 1$ describes the simple equations type $\ln(FN) = -a \ln(T_{1/2}) - b$ coefficients which easily associated mathematical formulas with the constant of Hubble's law, the same fine structure and other fundamental constants.

Keywords: radionuclides, half-life, fundamental constants, fine structure constant, Hubble's law constant

АННОТАЦІЯ

В. И. Максін, О. З. Стандриччук. Метрологические аспекты в закономерностях распада радиоизотопов химических элементов // Биоресурсы и природопользование. – 2017. – 9, №3–4. – С.20–28.

Исследована логарифмическую зависимость величины $FN = G(\mu AN)^2 / (cT_{1/2})^2$ – гравитационной силы, создаваемой массой вокруг ядра атома, которая сдерживает действие на фотоны радиоактивного излучения в пределах условной сферы с радиусом $r_{1,2} = cT_{1/2}$, то есть на расстоянии их свободного пробега за время, равное периоду полураспада $T_{1/2}$ радионуклида, от величины $T_{1/2}$. Объектами исследования были выборка 297-ми "средние" и "долгоживущих" изотопов из разрозненных радиоактивных цепочек и отдельно полные выборки генетически связанных радионуклидов из 4-х природных радиоактивных рядов. Показано, что линии приближения к функциям $\ln(FN) = f(\ln T_{1/2})$ с высокой достоверностью аппроксимации $R^2 \approx 1$ описываются простыми уравнениями типа $\ln(FN) = -a \ln(T_{1/2}) - b$, коэффициенты которых легко связываются математическими формулами с константой Хаббла, постоянной тонкой структуры и другими фундаментальными константами.

Ключевые слова: радионуклиды, период полураспада, фундаментальные константы, постоянная тонкой структуры, константа Хаббла