

**РІВНЕНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Кафедра методики викладання фізики і хімії**

Електронний збірник науково-методичних праць  
Рівненського державного гуманітарного університету

**ТЕОРІЯ ТА МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ  
ПРИРОДНИЧО-МАТЕМАТИЧНИХ І ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІН**

**(ДО 20-ти РІЧЧЯ КАФЕДРИ МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ ТА  
ХІМІЇ РДГУ)**

Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету.

**Випуск 21**

**Рівне – 2017**

УДК: 370:371:372:373:378

ББК 74.20

Т 59

Збірник науково-методичних праць “**Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін**”. Наукові записки Рівненського державного гуманітарного університету. Випуск 21. – Рівне: Волинські обереги, 2017 р. – 175 с.

ISBN 978-966-416-187-6

Даний збірник науково-методичних праць містить статті з актуальних проблем теорії та методики навчання природничо-математичних дисциплін, методики і техніки навчального експерименту, зокрема, шкільного фізичного експерименту, з проблем організації і проведення дослідництва учнів. У ряді праць висвітлено процес становлення експериментального методу пізнання природничих наук, зокрема показано історію становлення і розвитку наукового фізичного експерименту. Опубліковані матеріали можуть бути корисними для науковців, використані учителями фізиками та інших природничих дисциплін, викладачами дидактики фізики, студентами природничо-математичних спеціальностей педагогічних університетів.

УДК: 370:371:372:373:378

ББК 74.20

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ** (затверджена Вченою радою РДГУ 26.05.2016 р., протокол № 5):

**Головний редактор: Тищук Віталій Іванович**, кандидат педагогічних наук, професор, зав. кафедри Методики викладання фізики і хімії РДГУ.

**Заступники головного редактора:**

1. **Галатюк Юрій Михайлович**, кандидат педагогічних наук, професор кафедри Методики викладання фізики і хімії.
2. **Семешук Ігор Лаврентійович**, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри Методики викладання фізики і хімії.

**Члени редакційної колегії:**

1. **Бомба Андрій Ярославович**, доктор технічних наук, професор кафедри інформатики та прикладної математики;
2. **Вербець Владислав Володимирович**, доктор педагогічних наук, професор кафедри соціології;
3. **Грицай Наталія Богданівна**, доктор педагогічних наук, професор кафедри біології;
4. **Карпенчук Світлана Григорівна**, доктор педагогічних наук, професор кафедри теорії і методики виховання;
5. **Колупасєв Борис Сергійович**, доктор хімічних наук, професор, зав. кафедри фізики;
6. **Лісова Світлана Валеріївна**, доктор педагогічних наук, професор, зав. кафедри теорії і методики професійної освіти;
7. **Лисиця Андрій Валерійович**, доктор біологічних наук, професор кафедри екології, географії і туризму;
8. **Литвиненко Світлана Анатоліївна**, доктор педагогічних наук, професор кафедри вікової і педагогічної психології;
9. **Малафійк Іван Васильович**, доктор педагогічних наук, професор, зав. кафедри загальної і соціальної педагогіки та управління освітою;
10. **Пелех Юрій Володимирович**, доктор педагогічних наук, професор; проректор з науково-педагогічної та навчально-методичної роботи;
11. **Петренко Оксана Борисівна**, доктор педагогічних наук, професор, зав. кафедри теорії і методики виховання;
12. **Руденко Володимир Миколайович**, доктор педагогічних наук, професор кафедри інформаційно-комунікаційних технологій та методики викладання інформатики;

*Друкується за рішенням Вченої Ради Рівненського державного гуманітарного університету (протокол № 5 від 25 травня 2017 р.).*

За достовірність фактів, дат, назв і т. п. відповідають автори статей. Думки авторів можуть не збігатись з позицією редколегії. Рукописи після рецензії не повертаються.

Адреса редакції: 33000, м. Рівне, вул. Остафова, 31. Рівненський державний гуманітарний університет

ISBN 978-966-416-187-6

© Рівненський державний гуманітарний університет, 2017

1. КАФЕДРА МЕТОДИКИ ВИКЛАДАННЯ ФІЗИКИ ТА ХІМІЇ Рівненського державного гуманітарного університету – 20-ть років творчого зростання.....	3
2. ГАЛАТЮК Ю.М. Проблема детермінізму в організації творчої навчально-пізнавальної діяльності.....	9
3. ЗАССКИНА Т.М. Особливості розроблення підручників з фізики для основної та старшої школи..	13
4. ТИЩУК В.І., НЕЧИПОРУК Б.Д., СЕМЕЩУК І.Л. Методика проведення фундаментальних дослідів Франка і Герца у навчальному експерименті з фізики.....	19
5. ГОЛОВКО М.В. Проблема якості шкільного підручника як пріоритетний напрям сучасної дидактики фізики.....	30
6. ШИШКІН Г.О. Стан підготовки майбутніх учителів до технічної творчості.....	34
7. ТИЩУК В.І. Теорія й експеримент при вивченні кількісних характеристик розпаду радіонуклідів.	38
8. ВОЙТОВИЧ І.С., СЕРГІЄНКО В.П. Навчання фізики майбутніх фахівців з комп'ютерних наук...	48
9. ГОЛОВІНА Н.А., ГОЛОВІН М.Б., КОБЕЛЬ Г.П. До питання методики політехнічної освіти у курсі фізики.....	52
10. ОСТАПЧУК М.В. Методика теоретичного вивчення теми з фізики «дія магнітного поля на струм і заряди» в класах природничо-математичного профілю.....	56
11. ГАЛАТЮК Т.Ю., ГАЛАТЮК М.Ю., ГАЛАТЮК Ю.М. Застосування інформаційних технологій у процесі формування методологічної культури учнів у навчання фізики в старшій школі.....	63
12. ТКАЧЕНКО І.А. Застосування компетентнісного підходу у методичній підготовці майбутніх учителів астрономії.....	68
13. МИСЛІНЧУК В.О., БОЛБА М.Л. Методичні основи використання саморобного обладнання з астрономії.....	72
14. НЕПОРОЖНЯ Л.В. STEM–освіта як засіб розвитку природничо-наукової компетентності школярів.....	75
15. ГРИЦАЙ Н.Б. Технологія «майстерня» у методичній підготовці майбутніх учителів біології....	80
16. МЕЛЬНИК Ю.С. Особливості методики формування предметної компетентності засобами фізичних задач.....	86
17. КИРИЛЬЧУК О.С., МИСЛІНЧУК В.О. Предметна компетенція сучасного вчителя фізики основної школи.....	91
18. БІЛЕЦЬКИЙ В.В. Особливості методики національно-патріотичного виховання під час вивчення курсу фізики.....	93
19. ЗАССКІН Д.О. Принципи добору змісту курсу фізики для профільного рівня .....	97
20. ЛЕБЕДЬ О.О., МИСЛІНЧУК В.О. Кейс-метод як форма інтерактивного навчання фізики .....	101
21. ГАЛАТЮК Ю.М., ГАЛАТЮК М.Ю., ГАЛАТЮК Т.Ю. Формування узагальненого уміння розв'язувати фізичні задачі у процесі творчої пізнавальної діяльності.....	104
22. СЕМЕЩУК І.Л., ПРИХОДЧУК Ю.М., ТИЩУК В.І. Оптимізація окремих питань курсу фізики шляхом реалізації міжпредметних зв'язків.....	111
23. МАРТИНЮК О.С., ВОЙТОВИЧ Т.В. Особливості формування та оцінювання інформатичної компетентності майбутніх учителів фізики.....	115
24. СЕМЕРНЯ О.М. Дієвість як вияв професійної дії у вчителя фізики.....	120
25. ЯРОШКО І.А., ДЕРЕВЕНЧУК Р.М. Формування понять власної і домішкової провідності напівпровідників на основі зонної теорії.....	124
26. ЗИКОВА К.М. Антропний принцип при вивченні фундаментальних фізичних констант.....	128
27. ШЕВЧУК Т.М. Синергетика науки і освіти у формуванні фахової компетентності учителів фізики.....	132
28. КОСОГОВ І.Г. Фізико-технічне моделювання у навчальному процесі старшої школи.....	137
29. СПІЙ В.В. Вплив політехнічного складника предметної компетентності з фізики на професійне самовизначення школярів.....	141
30. АРЕНДАРЧУК О.Ю., ЧЕРТКОВ А.М., ТИЩУК В.І. Проектний метод у навчанні фізики.....	145
31. ПОЛІЩУК Т.П., НЕЧИПОРУК Б.Д., ТИЩУК В.І. Нова лабораторна робота з наноб'єктами для фізичного практикуму у випускному класі.....	147

32. МУЛЯР В.П., ПЕТРУК О.Ю., ПРИЙМАК Р.О. Комп'ютерні технології у проведенні демонстраційного фізичного експерименту в загальноосвітній школі.....	151
33. НАДАХОВСЬКИЙ М.М., МАЗУРЕЦЬ Я.С. Інноваційні підходи до методики вивчення квантової фізики.....	154
34. РАБОТЮК М.К., РАБОТЮК В.М. Особливості вивчення зміни агрегатних станів води.....	156
35. ФЛОРАК Н.Л., НАДАХОВСЬКИЙ М.М. Вивчення фундаментального досліду С.І. Вавілова про квантову природу світла.....	158
36. ШАРАБУРА А.О. Формування дослідницької компетентності учнів на уроках фізики.....	161
37. МАЗУРЕЦЬ Я.С., ФЛОРАК Н.Л. Вивчення фундаментальних фізичних дослідів у шкільному курсі.....	164
38. ДАНИЛЮК Р.Е. Активізація пізнавальної діяльності учнів на уроці хімії з використанням інформаційно-комунікаційних технологій.....	167

НАУКОВЕ ЕЛЕКТРОННЕ ВИДАННЯ  
*Теорія та методика вивчення  
природничо-математичних і технічних дисциплін*

**ЕЛЕКТРОННИЙ ЗБІРНИК НАУКОВО-МЕТОДИЧНИХ ПРАЦЬ**  
*Рівненського державного гуманітарного університету*  
**Випуск 21**

Відповідальний за підготовку збірника до видання: Тищук В.І.

Комп'ютерна верстка: Власюк В.В.

**Т 59** Теорія та методика вивчення природничо-математичних і технічних дисциплін: Збірник науково-методичних праць: Рівненський державний гуманітарний університет. Вип. 21. – Рівне: Волинські обереги, 2017. – 175 с.

ISBN 978-966-416-187-6

Даний збірник науково методичних праць містить статті з актуальних проблем теорії та методики навчання природничо-математичних дисциплін, методики і техніки навчального експерименту, зокрема, шкільного фізичного експерименту, з проблем організації і проведення дослідництва учнів. У ряді праць висвітлено процес становлення експериментального методу пізнання природничих наук, зокрема показано історію становлення і розвитку фізичного експерименту.

Опубліковані матеріали можуть бути корисними для науковців, використані учителями фізиками і інших природничих дисциплін, викладачами методики фізики, студентами фізичних спеціальностей педагогічних університетів та інститутів.

**УДК: 370:371:372:373:378**

**ББК 74.20**

*Видавництво не несе відповідальність за зміст, ймовірні помилки і неточності видання*

Адреса редакції: 33028, м. Рівне, вул. Остафова, 31  
Рівненський державний гуманітарний університет,  
кафедра методики викладання фізики та хімії (тел. 22-67-75)

---

Підписано до друку 26.05.2017 р. Формат 60x84 1/8. Папір офсет.  
Гарнітура «Times». Друк офсет. Ум. друк. арк. 22,32. Наклад 100 пр. Зам. 57.

Надруковано в друкарні видавництва «Волинські обереги».  
33028 м. Рівне, вул. 16 Липня, 38; тел./факс: (0362) 62-03-97;  
e-mail: oberegi@mail15.com

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єкта  
видавничої справи ДК № 270 від 07.12.2000 р.

4. Шишкін Г.А. Интуиция и творчество в обучении физике / Г.А. Шишкін // Українсько-російські педагогічні студії: міжвуз. зб. наук. ст. – Донецьк: ЛАНДОН-ХХІ, 2011. – С. 252-259.

5. Шишкін Г.О. Методична система формування інтегрованих знань з фізики в процесі підготовки вчителів технологій: [монографія] / Г.О. Шишкін. – Донецьк: Юго-Восток, 2014. – 365 с.

УДК 371:539

ТИЩУК В.І.

Рівненський державний гуманітарний університет

## ТЕОРІЯ Й ЕКСПЕРИМЕНТ ПРИ ВИВЧЕННІ КІЛЬКІСНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗПАДУ РАДІОНУКЛІДІВ

Запропоновано: модернізований підхід до вивчення основного закону радіоактивного розпаду на основі статистичних уявлень; навчальні елементи практично-пошукової діяльності учнів для засвоєння кількісних характеристик поведінки ядер радіонуклідів.

It is offered: modernized approach for the study of basic law of radioactive disintegration on the basis of statistical pictures of nuclear processes; introduction of practical-searching activity of students for mastering quantitative descriptions of radionuclides' kernels conducting.

Методику вивчення основного закону радіоактивного розпаду одним з перших запропонував А.А. Пінський. Згодом, у нових навчальних посібниках (Г.Я. Мякішева [2; 5] С.У. Гончаренка [1], М.М. Шахмаєва [3], А.А. Пінського [4], К.В. Корсака [6]) постійно представлений матеріал для вивчення учнями основного закону радіоактивного розпаду, створена основа для усвідомлення ними основних кількісних характеристик, притаманних явищу спонтанного, самочинного ядерного перетворення радіонукліда. Але в названих посібниках та інших, поширеній серед учителів, методичній літературі досить завуальовано описані основні кількісні характеристики, притаманні процесам радіоактивного розпаду. Ми поставили за мету створити відповідні розробки і пропонуємо своє вирішення цієї актуальної проблеми методики вивчення ядерної фізики в сучасній середній школі.

Учителю фізики виклад навчального матеріалу доцільно провести у такій послідовності:

1. Акцентувати увагу учнів на тому, що всі атомні ядра одного і того ж радіонукліда є виключно ідентичні. Передбачити коли, чи точно вказати яке саме ядро розпадеться в даний момент часу, тоді як інші, такі ж самі ядра, залишаються незмінними упродовж більшого чи меншого проміжку часу, ми не зможемо. Поведінка будь-якого виокремленого ядра з усіх існуючих нестабільних ядер радіонукліда зовсім не залежить від поведінки інших наявних ядер. Тобто, це будь-яке ядро з однаковою ймовірністю може зазнати розпаду в будь-який момент часу, і цей розпад (якщо він відбудеться) ніяким чином не позначиться на поведінці всіх інших ядер, які самі по собі є нестабільними, а тому коли-небудь кожне з них усе ж розпадеться. Спонтанний розпад ядра не можна ні викликати, ні змінити такими зовнішніми чинниками як нагрівання, дія електричного і магнітного полів, всілякі хімічні процеси тощо. Розпад ядер має виключно випадковий характер; образно кажучи ядра “вмирають” (розпадаються) не від “старості”, а “гинуть” (розпадаються) від “нешасних випадків”. Все зазначене свідчить, що радіоактивний розпад – явище принципово статистичне. Можемо говорити лише про ймовірність події: чи розпадеться якесь виокремлене ядро за даний проміжок часу. В математиці ймовірність події можна описувати за умови: коли розглядається надзвичайно велика кількість можливих подій (у нашому випадку – здатність кожного з наявних ядер до розпаду), тобто ймовірносним закономірностям притаманні “закони великих чисел”. Математично ймовірносні закони не дозволяють передбачити поведінку окремого ядра, але вони дозволяють з великою точністю передбачити поведінку всієї сукупності нестабільних ядер.

2. Якщо учні класу з поглибленим вивченням фізики в достатній мірі володіють знаннями диференціального та інтегрального числення, то математичний супровід пояснення основного закону радіоактивного розпаду з їх боку може бути сприйнятим навіть як прикладна ілюстрація ряду математичних операцій.

Основні припущення, які лежать в основі введення закону, очевидні: ймовірність того, що в обраний інтервал часу одне ядро з усієї колосальної сукупності нестабільних ядер розпадеться, тим

більша, чим більша кількість ядер у радіонукліді. Значить, кількість ядер  $\Delta N$  радіонукліда, які розпадутся за деякий проміжок часу  $\Delta t$  прямопропорційна наявній кількості нестабільних ядер  $N$  і цьому проміжку часу  $\Delta t$ . Отже, якщо в деякий момент часу  $t$  є достатньо велика кількість  $N$  нестабільних ядер радіонукліда, то зміна цієї кількості ядер внаслідок спонтанного розпаду за час від  $t$  до  $t+\Delta t$  становитиме:  $-\Delta N = \lambda \cdot N \cdot \Delta t$  (1), де  $\lambda$  – стала розпаду даного радіонукліда, яка не залежить від часу. Знак мінус вказує на те, що в процесі радіоактивного розпаду загальна кількість нестабільних ядер даного радіонукліда зменшується. Для нескінченно малих інтервалів часу ( $\Delta t \rightarrow 0$ ) рівняння (1) можна записати у диференціальній формі:  $-dN = \lambda \cdot N \cdot dt$  (2). Розділивши змінні, отримуємо:  $\frac{dN}{N} = -\lambda \cdot dt$  (3). Скориставшись початковими умовами ( $N = N_0$  при  $t_0 = 0$ ) і врахувавши, що  $\lambda$  не залежить від часу, здійснюють інтегрування рівняння (3) від моменту часу  $t_0 = 0$ , до моменту часу  $t$ , тобто:  $\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\lambda \int_0^t dt$ . В результаті інтегрування отримуємо:  $\ln \frac{N}{N_0} = -\lambda \cdot t$  (4). Остаточно отримуємо рівність:  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$  (5).

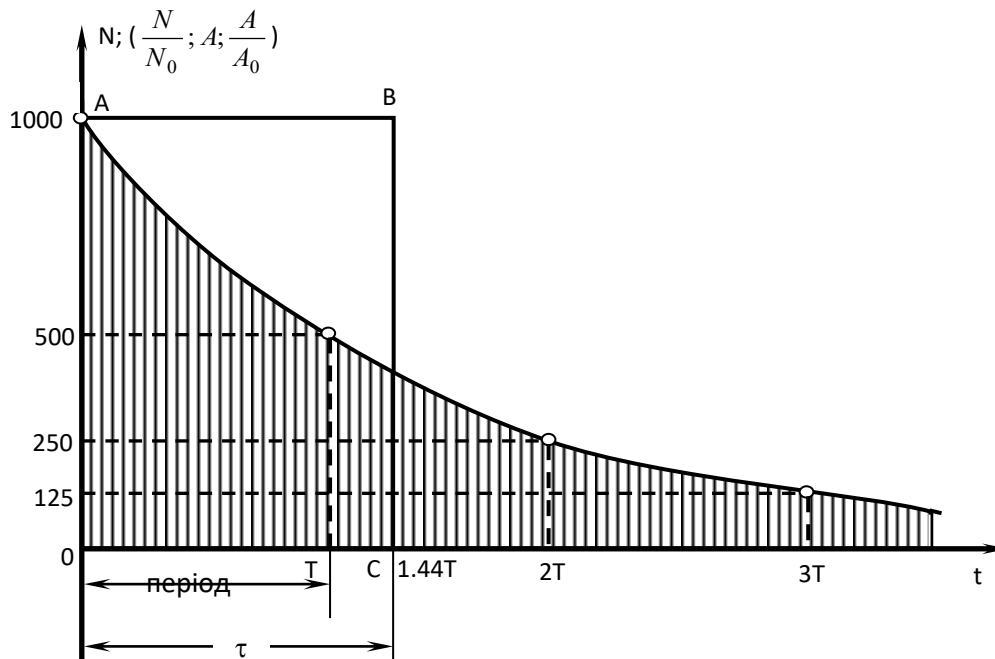


Рис. 1.

3. Вираз (5) є математичним представленням основного закону радіоактивного розпаду, відкритого Е. Резерфордом і Ф. Содді. У графічній формі, для простого розпаду нестабільних ядер одного сорту, ця рівність у координатах  $(N; t)$  виражається як експоненціальна крива (рис. 1), з якої видно, що із плином часу кількість атомів радіонукліда зменшується, наближаючись до нуля в міру наближення часу  $t$  до нескінченності. По осі абсцис відкладають час, а по осі ординат – кількість нестабільних ядер  $N$ , або відношення  $\frac{N}{N_0}$ , або активність радіоактивного препарату  $A$ . Означення

закону може бути таким: **кількість радіоактивних ядер, які не розпались, зменшується в часі за експоненціальним законом.**

З рівності (5) і з означення закону випливає, що із плином часу кількість ядер, які ще не розпались, неухильно зменшується. Можна вести мову про інтервал часу, за який половина ядер вже

знала розпаду, а половина – ще ні. Тобто:  $t = T$ ;  $N = \frac{N_0}{2}$ . Підставивши ці значення у рівняння (4),

отримуємо:  $\ln \frac{N_0/2}{N_0} = -\lambda \cdot T$ , або  $\ln \frac{1}{2} = -\lambda \cdot T$ , або  $\ln 2 = \lambda \cdot T$ . Звідси отримуємо вираз:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T} = \frac{0,693}{T} \quad (6). \text{ Підставивши значення } \lambda \text{ з рівності (6) у рівняння (4) маємо:}$$

$$\ln \frac{N}{N_0} = -\frac{0,693}{T} \cdot t, \text{ або } \ln \frac{N}{N_0} = -\frac{t}{T} \cdot \ln 2, \text{ звідси отримуємо: } \frac{N}{N_0} = 2^{-\frac{t}{T}}, \text{ тобто вираз}$$

$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$  (7). Цей вираз, який є частковим випадком із використаного нами статистичного підходу, теж виражає закон радіоактивного розпаду. Іноді рівність (7) зручно користуватись при розв'язуванні задач, змістовно пов'язаних із періодом піврозпаду радіоактивного ізотопу.

Наведені математичні відображення фізичних процесів свідчать про тісний зв'язок між сталою розпаду  $\lambda$  і періодом піврозпаду  $T$  для даного радіонукліда. З рівняння (6),  $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$ , випливає, що чим більше значення має стала розпаду, або чим меншим є період піврозпаду, то тим швидше даний радіоактивний елемент розпадається.

4.1. **Стала розпаду**  $\lambda$  виступає як імовірність розпаду ядра за одиницю часу:  $\lambda = -\frac{1}{N} \cdot \frac{dN}{dt}$  (8).

Якщо є надзвичайно велика кількість нестабільних ядер, то за одиницю часу в середньому буде розпадатися  $dN = \lambda \cdot N$  ядер. Тобто, фізичний зміст для  $\lambda$  полягає в наступному: **стала розпаду являє собою частку радіоактивних ядер, які розпались в одиницю часу**, або інакше кажучи, частку ядер, які розпались за одиницю часу, від загальної кількості наявних у даний момент нестабільних ядер радіонукліда. Вона є константою для кожного сорту нестабільних ядер даного радіоактивного ізотопу, але ядра різних ізотопів мають різні сталі розпаду ( $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots$  і т.д.). Розмірністю сталої розпаду є:  $[\lambda] = 1c^{-1}$ . Значення сталої розпаду для окремих ізотопів наведені в таблиці 1.

4.2. З рівняння (8)  $\lambda = -\frac{1}{N} \cdot \frac{dN}{dt}$  видно, що стала розпаду  $\lambda$  прямопропорційна **швидкості**

**розпаду** нестабільних ядер радіонукліда  $\frac{dN}{dt}$ . Швидкість розпаду ( $\frac{dN}{dt} = -\lambda \cdot N$ ) залежить від  $N$ ,

тобто є функцією кількості ядер радіонукліда, які ще не зазнали розпаду. Знак мінус вказує, що

швидкість розпаду  $\frac{dN}{dt}$  з плином часу невпинно зменшується, оскільки в результаті розпаду

кількість нестабільних ядер  $N$  теж невпинно зменшується. Очевидно, що максимальною швидкість розпаду буде на початку розгляду процесу розпаду даного радіоактивного ізотопу ( $t=0$ ;  $N=N_0$ ), а з

часом, в міру зменшення кількості ядер  $N$ , які не розпались, швидкість розпаду радіонукліда  $\frac{dN}{dt}$

буде спадати за експоненціальною кривою. Якщо для якогось радіонукліда, згідно розрахунків за формулами (5) чи (7), має за 1с розпасти 1000 ядер ( $n = 1000 \frac{\text{розпадів}}{c}$ ), то насправді їх може

розпасти інша, близька до 1000, кількість. Наприклад, не більше 1050 і не менше 950, але ще менш імовірно, що розпадеться не більше 1100 і не менше 900 ядер. В цьому проявляється і може бути зафіксованим у навчальному фізичному експерименті статистичний характер основного закону



радіоактивного розпаду. Якщо це довільне число  $n = 1000 \frac{\text{розпадів}}{c}$  є середньостатистичне число ядер, які розпались, то відхилення від цього числа називають **флюктуаціями швидкості розпаду**.

Через сталу розпаду  $\lambda$  виражається ще одна важлива характеристика радіоактивного процесу – середній час життя  $\tau$ . **Середній час життя  $\tau$**  (середня тривалість життя) нестабільного ядра для даного

радіонукліда є величина, обернена його сталій радіоактивного розпаду  $\tau = \frac{1}{\lambda}$ . Справжній час життя

кожного окремого ядра радіонукліда може мати будь-яке значення в межах від нуля до нескінченності. Однак, середня тривалість часу, протягом якого нестабільні ядра існують до розпаду, має цілком визначене значення. Учням можна навести низку таких міркувань. Якщо за проміжок часу між  $t$  і  $t+dt$  розпадеться  $dN = \lambda \cdot N \cdot dt = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t} \cdot dt$  ядер (це випливає з рівності (8) і умови, що  $\tau > 0$ ), то можна вважати, що всі ці ядра мають тривалість життя рівну  $t$ . Сума тривалостей їх життя становить:  $t \cdot \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t} \cdot dt$ .

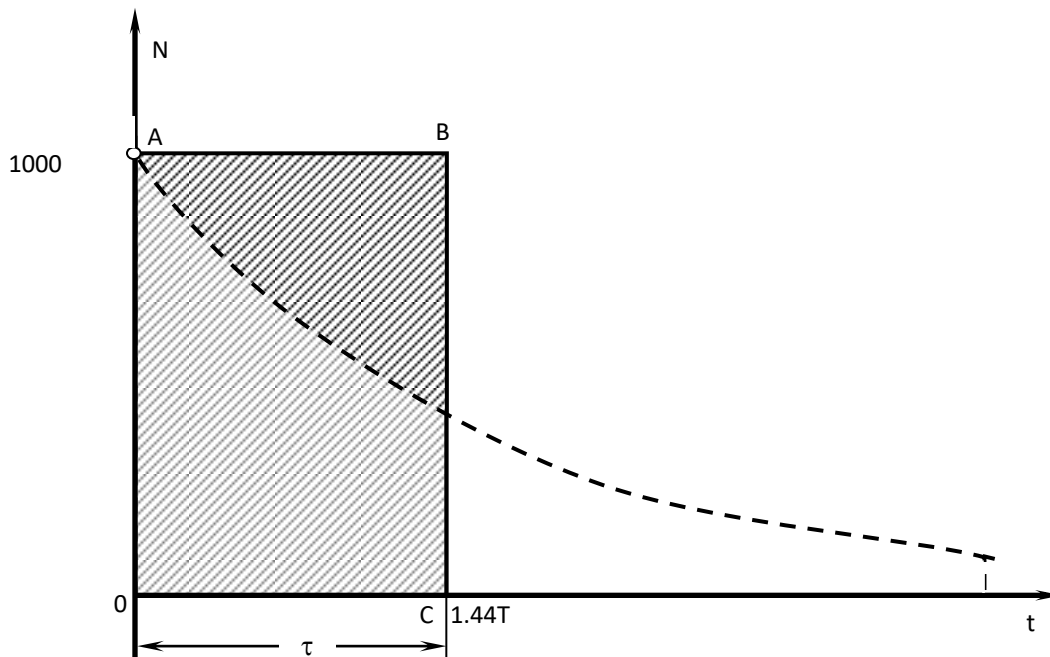


Рис. 2.

Для суми часів існування всіх  $N_0$  ядер, які були у момент  $t = 0$ , можна записати вираз у вигляді:

$\int_0^{\infty} t \cdot \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t} \cdot dt$ . Середню тривалість життя ядер даного радіонукліда отримаємо як частку від

ділення цієї суми на кількість ядер  $N_0$ :  $\tau = \frac{1}{N_0} \int_0^{\infty} t \cdot \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t} \cdot dt = \frac{\lambda \cdot N_0}{N_0} \int_0^{\infty} t \cdot e^{-\lambda t} \cdot dt$ .

Інтегруючи по частинах, отримаємо:

$$\tau = \lambda \left( -\frac{t}{\lambda} \cdot e^{-\lambda t} + \frac{1}{\lambda} \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} \cdot dt \right) = \lambda \left( -\frac{t}{\lambda} \cdot e^{-\lambda t} - \frac{1}{\lambda^2} \cdot e^{-\lambda t} \right) \Big|_0^{\infty} = \frac{1}{\lambda} . \text{ Отже, } \tau = \frac{1}{\lambda} \quad (9).$$

Фізичний зміст середньої тривалості життя  $\tau$  полягає в тому, що, у випадку, коли б швидкість радіоактивного розпаду не зменшувалась, а залишалась би весь час однаковою і рівною

максимальному значенню (яке, як зазначалось є при  $t = 0$  і  $N = N_0$ ), то всі ядра даного радіонукліда розпались би за час  $\tau$ .

Зв'язок між трьома характерними для радіонукліда константами  $\lambda$ ,  $T$  і  $\tau$ , згідно рівнянь (8) і (9) має такий вигляд:  $\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{\ln 2}{T}$ , звідки  $\tau = \frac{T}{\ln 2}$ , або  $\tau = \frac{T}{0,693} = 1,44 \cdot T$  (10). В таблиці 1 наведені

значення  $\tau$  і  $T$  для деяких радіоактивних ізотопів. За одиницю в СІ як для середнього часу життя, так і періоду піврозпаду використовують 1 секунду, але в більшості випадків, для зручності, записують їх значення у похідних одиницях вимірювання часу: хв.; год.; дні; роки. Графічно (рис. 2) середню тривалість життя ядер радіонукліда зручно виразити на координатній площині  $(N, t)$ . Очевидним є, що загальну кількість нестабільних ядер радіонукліда можна віднайти шляхом добутку кількості ядер  $N_0$  в початковий момент розгляду процесу розпаду на середню тривалість їх життя  $\tau$  (площа прямокутника OABC рівна площі під експонентою). Використовуючи рівність (8), можна показати учням, як здійснити швидкий розрахунок ступеня розпаду ядер радіонукліда протягом заданого інтервалу часу  $t$ , який зручно виразити числом періодів піврозпаду  $m$ :  $m = \frac{t}{T}$ . Тоді:

$$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t} = \frac{1}{e^{\lambda m T}} = \frac{1}{e^{\frac{\ln 2}{T} m T}} = \frac{1}{e^{m \ln 2}} = \frac{1}{2^m}.$$

Якщо, наприклад, прийняти, що пройшло  $m=10$

періодів піврозпаду якогось радіоактивного ізотопу, то його кількість, яка ще не розпалась, буде:  $\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2^{10}} = \frac{1}{1024} \approx 0,001 \approx 0,1\%$  від початкової. Таким чином, за час  $t = 10T$  радіоактивний ізотоп практично повністю розпадеться.

За величиною періоду піврозпаду  $T$  всі радіоактивні ізотопи поділяють на довгоживучі і короткоживучі. Так,  ${}_{92}^{238}\text{U}$  (уран-238) має період піврозпаду  $T = 4,51 \cdot 10^9$  років, що сягає часу розвитку космічних систем, а  ${}_{84}^{212}\text{Po}$  (полоній-212) –  $T = 3,04 \cdot 10^{-7}$  с, що відповідає часу проходження блискавки. Уран-238 ( ${}_{92}^{238}\text{U}$ ) і радій-226 ( ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ ) відносяться до довгоживучих ізотопів, хоч їх періоди піврозпаду різко відрізняються. Для урану-238 ( ${}_{92}^{238}\text{U}$ ) період піврозпаду дорівнює  $T = 4,51 \cdot 10^9$  років. Зменшення маси урану внаслідок його радіоактивного розпаду виявити за час життя однієї людини неможливо, хоч щосекунди з числа ядер, які має 1 г урану-238 розпадається 12000 ядер. Але оскільки кількість атомних ядер у 1г урану становить  $3 \cdot 10^{21}$ , то дефіцит на 12000 за 1 с практично виявити не можливо. У радія-226 ( ${}_{88}^{226}\text{Ra}$ ) період піврозпаду становить  $T = 1622$  роки, тому дефіцит маси внаслідок його розпаду є помітним. Радіоактивний газ радон-222 ( ${}_{86}^{222}\text{Rn}$ ), який утворюється внаслідок розпаду радію, а тому постійно наявний біля поверхні Землі, має період піврозпаду  $T \approx 3,8$  діб. За 7,6 діб (приблизно за тиждень) від початкової кількості залишиться  $\frac{1}{4}$ , а за 11,4 діб –  $\frac{1}{8}$  і т.д.

Виходячи з того, що стала розпаду  $\lambda$  виражає імовірність розпаду атомного ядра за одиницю часу, то добуток  $\lambda \cdot N$  виражає кількість атомних ядер радіонукліда, які щосекундно зазнають розпаду. Дану величину називають **активністю радіонукліда в препараті** або спрощено – **активністю**:  $A = \lambda \cdot N = \frac{0,693}{T} \cdot N$ . Активність  $A$  характеризує інтенсивність випромінювання всієї сукупності нестабільних ядер радіонукліда, які входять до складу досліджуваного зразка. Виходячи з рівності (2),

активність є похідною від  $N$  по часу, взяту з протилежним знаком:  $A = - \frac{dN}{dt}$ . Вираз для активності

можна отримати, якщо помножити рівність (5) на  $\lambda$ :  $\lambda \cdot N = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t}$  або  $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$  (11), де  $A = \lambda \cdot N$  – активність у момент часу  $t$ ;  $A_0 = \lambda \cdot N_0$  – початкова активність (в момент часу  $t=0$ ). З рівності (11) випливає, що активність зменшується з часом за експоненціальним законом, в міру того, як зменшується кількість нестабільних ядер атомів радіоактивного елемента внаслідок їх розпаду (рис. 1). За час  $t = T$  активність препарату, як і кількість нестабільних ядер, зменшується у два рази. Вираз  $\frac{A}{A_0} = e^{-\lambda t}$  показує, яку частку від початкової (при  $t = 0$ ) становить активність у деякий момент часу  $t$ .

Одиницею активності радіонукліда у препараті в СІ є 1 розпад за 1 секунду, яку називають *беккерель* (Бк). Позасистемною одиницею активності є *кюри* (Ки). 1 Ки – це така активність радіонукліда в препараті, в якому за 1 с розпадається  $3,7 \cdot 10^{10}$  ядер. Тобто: 1 Ки =  $3,7 \cdot 10^{10}$  Бк. Використовують також менші одиниці: 1 мілікюри (1 мКи =  $10^{-3}$  Ки); 1 мікрокюри (1 мкКи =  $10^{-6}$  Ки); 1 нанокюри (1 нКи =  $10^{-9}$  Ки). Іноді використовують позасистемну одиницю – *резерфорд* (Рд). 1 Рд =  $10^6$  Бк.

Відношення активності радіонукліда в радіоактивному препараті до маси, об'єму, площі поверхні (для поверхневих джерел іонізуючих випромінювань) або довжини (для лінійних джерел) зразка називають відповідно питомою активністю, об'ємною активністю, поверхневою або лінійною активністю радіонукліда. Залежність активності радіоактивної речовини від часу часто зображають графічно, користуючись напівлогарифмічною шкалою. По осі ординат відкладають натуральний логарифм активності, а по осі абсцис – час. Тоді залежність  $\ln A$  від часу виражається прямою лінією, оскільки  $\ln A = \ln A_0 \cdot e^{-\lambda t} = \ln A_0 - \lambda \cdot t$  (12) являє собою рівняння прямої лінії в напівлогарифмічних координатах (рис. 3).

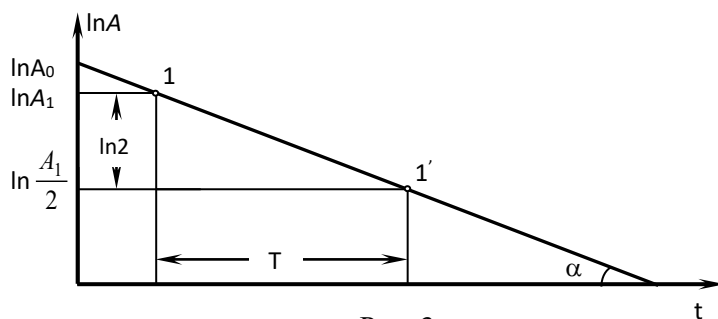


Рис. 3

З цієї діаграми графічно можна визначити період піврозпаду радіоактивного ізотопу. Для цього на осі ординат вибирають дві точки, які відповідають логарифмам активностей, що відрізняються у два рази, і проводять дві паралельні до осі абсцис прямі.

Таблиця 1.

Радіо-активний ізотоп	$^{238}_{92}U$	$^{226}_{88}Ra$	$^{222}_{86}Rn$	$^{214}_{84}Po$	$^{210}_{82}Pb$	$^{40}_{19}K$	$^{14}_6C$	$^{90}_{38}Sr$	$^{137}_{55}Cs$
Період пів-розпаду T	$4,51 \cdot 10^9$ р.	1622 р.	3,824 діб	$1,631 \cdot 10^{-4}$ с.	21,8 р.	$1,28 \cdot 10^9$ р.	5730 р.	28 р.	30 р.

Стала розпаду $\lambda$ (с <sup>-1</sup> )	4,918·10 <sup>-18</sup>	1,367·10 <sup>-11</sup>	2,098·10 <sup>-6</sup>	4,249·10 <sup>3</sup>	1,008·10 <sup>-9</sup>	24,4·10 <sup>-18</sup>	0,38·10 <sup>-11</sup>	0,79·10 <sup>-9</sup>	0,74·10 <sup>-9</sup>
Середня тривалість життя $\tau$ (с)	2,33·10 <sup>17</sup>	7,316·10 <sup>10</sup>	4,766·10 <sup>5</sup>	2,353·10 <sup>-4</sup>	0,992·10 <sup>9</sup>	0,41·10 <sup>17</sup>	26,1·10 <sup>10</sup>	1,27·10 <sup>9</sup>	1,36·10 <sup>9</sup>

З точок 1 і 1' перетину цих прямих опускають перпендикуляри на вісь абсцис. Віддаль між ними по осі абсцис дорівнює періоду піврозпаду. Таким способом, у більшості випадків, визначають періоди напіврозпаду ізотопів, які лежать в межах від декількох хвилин до декількох років. Період піврозпаду визначають, як правило, декілька разів для різних ділянок прямої і беруть середнє значення. Кутовий коефіцієнт експериментальної кривої, як видно з рівняння (12), дорівнює сталій піврозпаду  $\lambda$ , оскільки  $tg\alpha = \frac{\ln A_0 - \ln A}{t} = \lambda$ . На основі наведеного матеріалу учням для

самостійного опрацювання може бути запропоновано ряд практичних завдань щодо розрахунку характеристик радіоактивних ізотопів та процесів їх розпаду, побудови графічних залежностей, створення таблиць з даними про кількісні параметри, які притаманні радіонуклідам тощо.

Лабораторна робота: **Визначення активності радіонукліда <sup>239</sup>Pu у джерелі  $\alpha$ -випромінювань АК-30.**

Теоретичні відомості: Активність радіонукліда в джерелі характеризує інтенсивність випромінювання препарату в цілому. Якщо джерело випромінювання містить велике число  $N$  радіоактивних ядер, із яких за інтервал часу  $dt$  розпадеться в середньому  $dN$  ядер, то активність  $A$  є похідна від  $N$  по часу  $A = -\frac{dN}{dt}$ . Знак “-” означає, що активність у процесі розпаду зменшується.

Активність радіонукліда в джерелі тим більша, чим більше взято радіоактивної речовини і чим швидше проходить розпад, тобто вона залежить від кількості нестабільних ядер і від постійної розпаду. Природною статистичною величиною, яка застосовується для його опису, є імовірність розпаду ядер за одиницю часу, названа сталою розпаду  $\lambda$ , яка не залежить від часу. Сутністю величини  $\lambda$  є те, що у випадку, коли наявна велика кількість  $N$  однакових нестабільних ядер, то за одиницю часу в середньому буде розпадатись  $\lambda \cdot N$  ядер. З іншого боку величину, яка чисельно рівна цьому добутку, називають активністю, тобто  $A = \lambda \cdot N$ .

Активність радіонукліда (число радіоактивних ядер у препараті) зменшується з плином часу за законом радіоактивного розпаду. Математичний вираз основного закону радіоактивного розпаду:  $N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$ , де  $N_0$  – число радіоактивних ядер у довільно вибраній початковий момент. Аналогічно, оскільки  $A = \lambda \cdot N$ , отримаємо для активності  $A = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$ , де  $A_0$  – активність радіонукліда в початковий момент часу. Відповідно, вимірюючи швидкість зменшення активності можна взнати період напіврозпаду радіонукліда в джерелі.

Розвиток учбового фізичного обладнання в даний час дозволяє вивчати (визначати, оцінювати) на експериментальній основі активність певного радіоактивного ізотопу в джерелі іонізуючого випромінювання.

Обладнання й опис установки: 1. Лабораторний іскровий лічильник  $\alpha$ -частинок; 2. Джерело  $\alpha$ -частинок АК-30; 3. Екран із поліетиленової плівки з отвором 10 × 10 мм; 4. Високовольтний перетворювач “Разряд-1”; 5. Випростувач ІЕПП-1; 6. Лічильник імпульсів СИЛ-1 або “Кварц”.

Збирають установку як показано на малюнку. Екран із поліетиленової плівки, товщиною 0,1 – 0,2 мм із квадратним отвором 10 × 10 мм кладуть на дротини анода іскрового лічильника. Навпроти отвору на відстані 25 – 30 мм від анода розміщують джерело АК-30, визначають число частинок  $N'$ , зареєстрованих лічильником за 3 – 5 хв. і знаходять швидкість відліку  $\alpha$ -частинок за 1 хв. ( $n' = \frac{\alpha - \text{част.}}{\text{хв}}$ ). Оскільки ефективність реєстрації  $\alpha$ -частинок іскровим лічильником становить  $\kappa =$

10%, то для визначення кількості тих частинок, що потрапили в отвір екрана, необхідно знайти добуток отриманої швидкості рахунку на множник,  $n = \frac{100\% \cdot n'}{k\%}$  (1).

Для знаходження загального числа  $\alpha$ -частинок, які випускаються джерелом, припустимо в першому наближенні, що джерело АК-30 є точковим, і що  $\alpha$ -частинки випускаються їм у всі сторони рівномірно. Оточивши джерело  $\alpha$ -частинок уявною сферою радіуса  $r = H$ , загальне число  $\alpha$ -частинок, які вилетіли за 1 хв. визначимо з виразу:  $n_0 = \frac{4 \cdot \pi \cdot H^2}{S} \cdot n \left( \frac{\text{розкл.}}{\text{хв}} \right)$  (2), де  $S$  – площа отвору в екрані ( $S = 1 \text{ см}^2$ );  $H = 30 \text{ мм}$ .

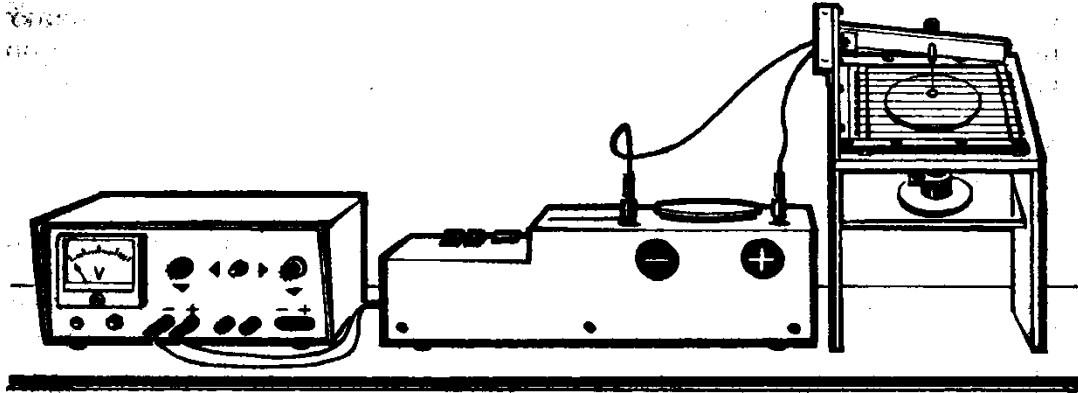


Рис. 4. Демонстраційна установка з іскровим детектором  $\alpha$ -частинок.

Активність у системі одиниць СІ визначають із відношення:  $A = \frac{n}{60} \left( \frac{\text{розкл}}{c} \right)$  (3). В

результаті отримаємо кінцеву формулу  $A = \frac{4 \cdot \pi \cdot H^2 \cdot 100\% \cdot n'}{S \cdot 60 \cdot k\%}$  (Бк) (4).

Хід роботи.

1. На дротини анода іскрового лічильника покласти екран із поліетиленової плівки з квадратним отвором  $10 \times 10 \text{ мм}$ , тобто площею  $S = 1 \text{ см}^2$ . Перевірити готовність установки до проведення роботи.

2. На відстані  $H = 30 \text{ мм}$  від анода, по центру отвору, розмістити джерело АК-30; на електроди іскрового лічильника подати високу напругу і досягти оптимального режиму його роботи.

3. На час  $t = 3 - 5 \text{ хв.}$  увімкнути лічильник електричних імпульсів СИЛ-1 і підрахувати число  $N$  зареєстрованих установкою  $\alpha$ -частинок. Дослід повторити 3 – 4 рази. Знайти середнє значення  $N_{\text{ср}}$ , дані занести в таблицю.

4. Виразивши швидкість відліку за одну хвилину і враховуючи, що ефективність відліку  $\alpha$ -частинок іскровим лічильником складає 10%, тобто, що кількість  $\alpha$ -частинок, які попали в отвір екрану, визначають за відношенням (1), за формулою (2) визначити, скільки взагалі  $\alpha$ -частинок

випускається джерелом АК-30 за одну хвилину.  $n_0 = \frac{4 \cdot \pi \cdot H^2 \cdot n}{S}$

№ п/п	S (м <sup>2</sup> )	H (м)	t (с)	N	N <sub>ср</sub>	n <sub>0</sub> $\left( \frac{\alpha - \text{част.}}{\text{хв}} \right)$	A (Бк)	$\Delta A$	$\varepsilon\%$

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

5. За формулою (4) підрахувати активність радіонукліда  $^{239}\text{Pu}$  в джерелі АК-30 в (СІ).

$$A = \frac{4 \cdot \pi \cdot H^2 \cdot n}{60 \cdot S'}. \text{ Визначити похибку вимірювань.}$$

Лабораторна робота: **Визначення періоду піврозпаду довгоживучого радіонукліда  $^{40}_{19}\text{K}$ .**

Теоретичні відомості: Активність  $A$  радіонукліда в препараті, виготовленому з калійних солей, залишається практично постійною протягом століть. Причина цього явища – дуже великий період піврозпаду, тобто час, у продовж якого розпадається половина радіоактивних атомів  $^{40}_{19}\text{K}$ . Для його

визначення необхідно скористатися співвідношенням:  $A = \lambda \cdot N$ , звідки  $\lambda = \frac{A}{N}$  (1), де  $\lambda$  – постійна

розпаду;  $N$  – число радіоактивних атомів у препараті в даний момент. Причому, число їх із часом зменшується за законом радіоактивного розпаду:  $N = N_0 e^{-\lambda t}$  (2). Протягом часу  $t = T_{1/2}$  маємо

$$N = \frac{1}{2} N_0, \text{ або } \frac{1}{2} N_0 = N_0 \cdot e^{-\lambda T_{1/2}}. \text{ Звідки } e^{\lambda T_{1/2}} = 2, \text{ або } T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \text{ (3). Оскільки } \ln 2 = 0,693,$$

$$\text{то, враховуючи формулу (1), отримаємо вираз: } T_{1/2} = \frac{0,693 \cdot N}{A} \text{ (4).}$$

Відповідно, щоб знайти період піврозпаду довгоживучого радіонукліда, необхідно виміряти його активність і знайти число нестабільних ядер у препараті. Оскільки використовуються джерела  $\beta$ -частинок, виготовлений з калійної солі  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , причому маса її  $m = 3 \text{ г}$ , то підрахунок числа нестабільних ядер виконують таким чином:

$$1. \text{ Знаючи хімічний склад солі } \text{K}_2\text{CO}_3 \text{ визначають масу калію в препараті: } m_K = \frac{2 \cdot 39,09}{138,19} m, \text{ де}$$

39,09 – атомна маса калію; 138,19 – молекулярна маса солі.

$$2. \text{ Оскільки в природній суміші ізотопів калію на долю } ^{40}\text{K} \text{ приходить } 0,012\%, \text{ то масу радіоактивного калію визначають із співвідношення } m_{pK} = \frac{0,012}{100} m_K, \text{ або } m_{pK} = \frac{0,012 \cdot 39,09}{100 \cdot 138,19} m \text{ (6).}$$

$$3. \text{ Число нестабільних атомів визначається з виразу: } N = \frac{m_{pK} \cdot N_A}{40} \text{ (7).}$$

$$\text{Узагальнивши викладене, отримаємо формулу для визначення числа нестабільних атомів радіонукліда } ^{40}\text{K} \text{ в залежності від маси препарату: } N = \frac{0,012 \cdot 39,09 \cdot N_A \cdot m}{100 \cdot 138,19 \cdot 40}, \text{ або } N = 1,7 \cdot 10^{-6} \cdot N_A \cdot m \text{ (8),}$$

де  $N_A = 6,022 \cdot 10^{26} \text{ кмоль}^{-1}$  – число Авогадро;  $m$  – маса солі в препараті. Підставивши в (5) отримаємо формулу для визначення періоду піврозпаду радіонукліда  $^{40}\text{K}$ :

$$T_{1/2} = \frac{0,693 \cdot 1,7 \cdot 10^{-6} \cdot N_A \cdot m}{A} \text{ або } T_{1/2} = 1,18 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{N_A \cdot m}{A} \text{ (9).}$$

(якщо препарат виготовлений із солі  $\text{KCl}$ , то аналогічно розраховують:  $N = 1,6 \cdot 10^{-6} \cdot N_A \cdot m$ . Формула для визначення періоду напіврозпаду приймає вигляд:  $T_{1/2} = 1,10 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{N_A \cdot m}{A}$ ).

Обладнання й опис установки: 1. Детектор  $\beta$ -частинок із торцевим лічильником СБТ-7; 2. Лабораторний індикатор частинок СЛ-1; 3. Джерело  $\beta$ -частинок для торцевого лічильника,

виготовлене з калійних солей; 4. Випростувач ІЕПП-1; 5. Лічильник імпульсів СИЛ-1 або “Кварц”; 6. Мікрокалькулятор.

Установку збирають на основі лабораторного індикатора СЛ-1, попередньо вилучивши з нього газорозрядну лічильну трубку СТС-5, а до відповідних клем підключивши торцевий лічильник, розміщений у плексигласовому футлярі. Лічильник СИЛ-1 і лабораторний індикатор СЛ-1 живлять від випрямляча ІЕПП-1, оскільки з індикатора вилучена газорозрядна трубка СТС-5, то високу напругу з електродів “+” і “-” підводять до електродів торцевого лічильника СБТ-7, встановленого в середині плексигласового футляра. Імпульси позитивної полярності від детектора подають на вхід лічильника СИЛ-1. Джерело  $\beta$ -частинок розміщують у безпосередній близькості від слюдяного віконця торцевого лічильника, дотримуючись обережності, щоб не пошкодити його. Таке розташування джерела дозволяє вважати, що половина всіх випущених препаратом частинок за час вимірювання попадає в робочий об’єм лічильника.

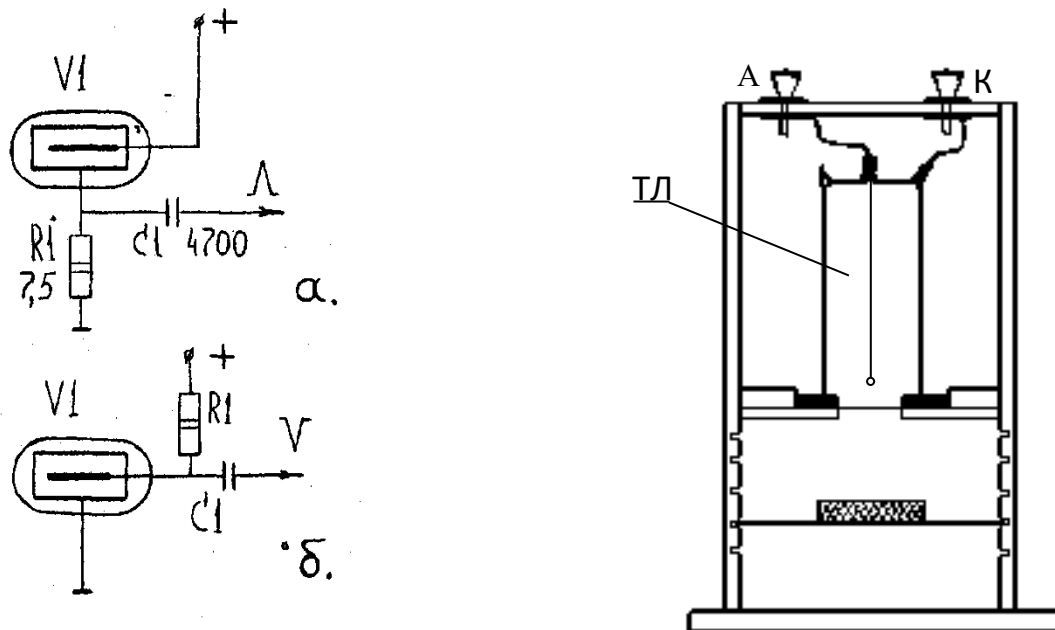


Рис. 5. Можлива електронна схема підключення торцевого лічильника і футляр з торцевим лічильником.

Хід роботи.

1. Провірити справність обладнання й роботу установки.
2. Визначити протягом часу  $t = 3 - 5$  хв. фон  $N_{\phi}$  торцевого лічильника, підсилений  $\gamma$ -випромінюванням радіонукліда  $^{40}\text{K}$ . Для цього препарат накривають алюмінієвою пластиною завтовшки 2 мм і розміщують безпосередньо під слюдяним віконцем лічильника.
3. Зняти алюмінієву пластину і визначити кількість  $N_0$  зареєстрованих за час  $t = 3 - 5$  хв. іонізуючих частинок. Визначити число  $N_1$   $\beta$ -частинок, випущених препаратом, що потрапили у робочий об’єм лічильника.  $N_1 = N_0 - N_{\phi}$
4. Оскільки при такому розміщенні джерела  $\beta$ -частинок і торцевого лічильника біля половини частинок попадають у робочий об’єм, то кількість випущених частинок препаратом за час

вимірювання частинок буде дорівнювати  $N = 2 N_I$ . Знайти швидкість лічби за одну хвилину  $n_0 = \frac{N}{t}$

$$\text{або } n_0 = \frac{2 \cdot (N_0 - N_\phi)}{t} \left( \frac{\beta - \text{частинок}}{\text{хв}} \right).$$

5. Визначити активність радіонукліда  $^{40}\text{K}$  в препараті.

$$A = \frac{n}{60} \left( \frac{\text{розпад.}}{\text{с}} \right) \text{ або } A = \frac{2 \cdot (N_0 - N_\phi)}{60 \cdot t} \text{ (Бк)}$$

6. Підставити значення активності й масу солі у формулу (9) і визначити період піврозпаду радіонукліда  $^{40}\text{K}$ . Отримані у вимірах і розрахунках дані занести в таблицю.

$m$ (кг)	$N_0$	$N_I$	$N_I$	$N$	$t$ (хв)	$n_0$ $\left( \frac{\beta - \text{част.}}{\text{хв}} \right)$	$A$ (Бк)	$T$ (с)

Розроблене лабораторне обладнання дозволяє організувати й провести в умовах середньої школи лабораторні роботи фізичного практикуму, в яких учні самостійно, на експериментальній основі можуть ознайомитись зі статистичними закономірностями ядерних процесів, визначити основні характеристики елементарних частинок, радіонуклідів і джерел іонізуючого випромінювання, вивчати взаємодію випромінювань із речовиною. Крім того, використовуючи це обладнання можна модернізувати раніше запропоновані роботи по вивченню радіоактивності повітря, по взаємодії  $\gamma$ -випромінювання з речовиною, по взаємодії іонізуючих променів з атомами металів і ін.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Гончаренко С.У. Фізика. Пробн. навч. посібник для 11-х кл. ліцеїв і гімназій природн.-наук. профілю. – К.: Освіта, 1995. - 448 с.
2. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Фізика. Учеб. для 11 кл. общеобразоват. Учрежд. - 6-е изд. – М.: Просвещение, 1999. - 254 с.
3. Шахмаев Н.М. и др. Фізика; Учеб. для 11 кл. сред. шк. / Н.М. Шахмаев, С.Н. Шахмаев, Д.Ш. Шодиев. – М.: Просвещение, 1991. - 239 с.
4. Фізика: Учеб. для школ и кл. с углубл. изуч. физики / Под ред. А.А. Пинского.- 6-е изд. – М.: Просвещение, 2001. - 432 с.
5. Мякишев Г.Я. Фізика: Оптика. Квантовая физика. 11 кл.: Учеб. для углубл. изучения физики / Г.Я. Мякишев, А.З. Синяков. - 2-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2002. - 464 с.
6. Корсак К.В., Кононенко М.П. Фізика з елементами астрономії. Пробн. навч. посібник для 11-х кл. ліцеїв, гімназій та шк. гуманіт. профілю. – К.: Освіта, 1992. - 224 с.
7. Элементарный учебник физики: Учебн. пособие. В 3-х т. / Под ред. Г.С. Ландсберга. Т. III. Колебания и волны. Оптика. Атомная и ядерная физика. - 10-е изд., перераб. – М.: Наука, 1986. - 656 с.
8. Ершов А.П., Харитонов В.Г. Фізика. Учеб. для школ физ.-мат. профиля. / Отв. ред. Е.И. Биченков. – М.: Науч. мир, 2001. - 427 с.
9. Самойленко П.И., Сергеев А.В., Тишук В.И. Изучение основного закона радиоактивного распада и присущих ему количественных характеристик на основе статистических представлений. – В приложении к ежемесячному теоретическому и научно-методическому журналу “Среднее профессиональное образование” №3 (сентябрь 2003 г.). - М., 2003. – С. 103-116.
10. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. – М.: Наука, 1980. – 728 с.

УДК [371.3:53(07)]:004

ВОЙТОВИЧ І.С., СЕРГІЄНКО В.П.

Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

НАВЧАННЯ ФІЗИКИ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ З КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК