В этом разделе используются данные таблиц 3 и 22 при-  
ложения. В задаче 21.11 дан авторский вариант решения.

21.1. Сколько атомов полония распадается за время **At** = 1 сут  
из Л' = I О6 атомов?

Решение:

За время At распадается число атомов |ДА;| = ША( — (1).

Эта формула применима при Дt «Ти2, где Г1/2— период  
полураспада. Период полураспада полония 7j/2=138cyT  
(таблица 22), следовательно, для At = 1 сут число распа-  
дающихся атомов можно определить по формуле (1). Под-

***Jyi* 2**

ставляя числовые данные, получим |ДЛ'| = NAt =

/2

21.2. Сколько атомов радона распадается за время **At** = 1 сут  
из **N** = 106 атомов?

**= 5025 сут '.**

Решение:

Период полураспада радона Ти2 =3,82 сут, следовательно,  
мы не можем использовать формулу из предыдущей зада-  
чи. Необходимо воспользоваться формулой N = N0e~/J,  
тогда искомое количество атомов AN = N0-N-  
= Лц(1-е\_л/). Подставляя числовые данные, получим  
ДЛГ = 1,67-105 сут'1.

Решение:

Активностью радиоактивного вещесгва называется чи  
распадов, которое происходит в нем в единицу врем

**a-^- = -AN** — (1), где Я — постоянная распада, **N  
dt**

число атомов радиоактивного вещества. Период полур  
пада и постоянная распада связаны между собой соот

шением **Ти2=—~,** откуда Я**-1иЗ-** — (**2**). Число рае  
Я **Тш**

дающихся атомов радия равно **N =—NK** — (3),

***V -***

**ju** = 226 г/моль — молярная масса радия, **N**А = 6,0’  
х1023моль-1 — постоянная Авогадро. Подставляя (2) и-

в (1), получаем **а** -- **^** = 3,68 • 1010 Бк.

***МТ„2***

1. Найти массу **m** радона, активность кото  
   а = 3,7-10шБк.

Решение:

**Активность радиоактивного вещества (см. задачу Ъ\  
. Отсюда масса радиоактивного веще**

**равна а =■**

***mN* А *In 2  
t-lT\* / 2**

**ва равна m**

= adr\/i\_ **\_ 6 49. ] q**-9 кг.

***NAln2***

1. Найти массу **m** полония

**Ро, активность кото**

Решение:

Масса радиоактивного вещества (см. задачу 21.4) равна

***in =***

***aLlT\n*Л'л *In* 2**

**= 0.22 мг.**

1. Напти постоянную распада **Я** радона, если известно,  
   что число атомов радона уменьшается за время / = 1сут на  
   18.:%.

Решение:

Число атомов радиоактивного вещества **dN,** распада-  
ющихся за время **ch**, пропорционально числу имеющихся

***dN ,.г***

атомов и определяется соотношением — **= -Ш,** откуда,

***dt***

dN т\*

разделив переменные, получим —**~-Mt.** Интегрируя

***N***

**полученное выражение, получаем Ы**

**У**

**= -Лг, откуда**

. **ln(N/N0)** ,1Ч „

постоянная распада Л = — — (1). По условию

задачи **N** = (l - **x)N0** — (2), где **N0** — число атомов по

истечении времени /, \* = 0,182 — доля атомов,

распавшихся за время /. Подставляя (2) в (1), оконча-

, **Я1п(\-х)** „„„ ,.\_6

тельно получаем **Я** =  = 2,33 -10 с .

1. Найти удельную активность **а,„:** а) урана **Ц5** U;  
   б) радона gfRn.

Решение:

Удельной активностью радиоактивного вещества назы-  
вается активность его единицы массы **аш** =— — (1). По-  
да

21.3) равна **а** = — (2), то, подставляя (2) в (II

***Мтиг***

получаем **а,„** -**—А**-—**^** . а) Для урана ^ U // = 235 г/моль|

М/2

71/2=7.1 ■ 108 лет, следовательно, **ап)** = 7,93 • I7 Бк/{Ц

б) Для радона **Ц2** Rn **ft-222** г/моль и 7j/2 =3,82с|  
следовательно, **а...** =5,69-10|8Бк/кг.

1. Ионизационные счетчики Гейгера — Мюллера имен  
   в отсутствие радиоактивного препарата определенный  
   Присутствие фона может быть вызвано космическим излучена  
   или радиоактивными загрязнениями. Каком массе радона'^  
   соответствует фон, дающий 1 отброс счетчика за время **t** = 5d

**Решение:**

Число атомов радиоактивного вещества, распадающихся!

***lyi* 2**

время At,определяется формулой |A7V| **=** NAt **(1**

Г1/2

задачу 21.1). Исходное число атомов N =—NA. Щ

**М** 3

условию AN **=** 1, Д/—/ = 5с. Тогда 1

7] /; **№**

Подставляя числовые данные, получи

***m -***

***fiT\/2***

***Njlnl***

**m** = 3,5-10 20кг.

1. При помощи ионизационного счетчика иссле|  
   активность некоторого радиоактивного изотопа. В началыЦ  
   момент времени счетчик дает 75 отбросов за время г=1|  
   Какое число отбросов за время / = 10 с дает счетчик^  
   истечении времени / = **Тиг/22** Считать **Тхп** »10с.

В начальный момент времени активность радиоактивного

jy

изотопа равна о, **= -j-** — (1), а спустя время f, —

***N***

(2) она станет равной а, = — ■ (3), где JVp и JV — со-

ответственно число атомов радиоактивного изотопа в на-  
чальный момент времени и через время которые свя-  
заны между собой соотношением **N = N0 ехр(-** Я/,). Отсю-

***N /* „ч *N ( ЛТиЛ***

да — = **вхру— At])** или, с учетом (2), **= ехр**

1. . Период полураспада и постоянная распада связаны  
   -г , **1п2 - ...** „

соотношением 71/2 = , откуда **Л =** — (5). Под-

***Л ТхП***

ставляя (5) в (4), получаем = **ехр^~** — (6). Раз-  
делив (3) на (1), получаем -^- = — — (7). Сопоставляя

формулы (6) и (7), находим, что **- = еха-^—\,**

**а |**

**откуда**

**о, *\ 2 )***

***(1п2***

**окончательно а2 = о,ехр^—~ | = 53отброса**

1. Некоторый радиоактивный изотоп имеет постоянную  
   распада **Л-**4-10 7с1. Через какое время **i** распадется 75%  
   первоначальной массы **m** атомов?

Решение:

Число атомов радиоактивного изотопа в начальный  
момент времени связано с их числом по истечении  
времени **I** соотношением **N = N0exp(-Лt)** — (1), где

N =—NA— (2) и NQ=—NA— (3). Подставляя (2) и (3|

в (1), получаем т **=** т0 **ехр(- Л/)** — (4). По условий!  
т= (1-0,75)»?0 = 0,25и?0 — (5). Подставляя (5) в (4Ш

получаем **exp(-At)=**0,25 = ^- или **exp(At)** = 4 — (Ц

Логарифмируя уравнение (6), получим **At = ln А,** отк

**t - = Ъ,А1** • 10б с = 40,11 суток.

1. Природный уран представляет собой смесь трех

топов: **I?** U , U , и\* U . Содержание U ничтожно (0,006ц

на долю qfU приходится 0,71%, а остальную массу **(99,2Щ**

составляет . Периоды полураспада **Ти2** этих изотопов со

ветственно равны 2,5Т05 лет, 7,1-108лет и 4,5-109лет. На  
процентную долю радиоактивности, вносимую кая  
изотопом в общую радиоактивность природного урана.

Решение:

Процентная доля радиоактивности, вносимая каждым |  
изотопов в общую радиоактивность природного уран|  
определяется отношением числа распадов в единив  
времени каждого изотопа к общему числу распадов'^  
единицу времени природного урана. Обозначим через**-щ**массу природного урана. Тогда массы изотопов бу^|  
равны соответственно »?, =6-10-5**т} =** 99,28- 10\_2/н. Число распадов в единицу времён!

даваемое изотопом, будет равно

**/;7 2 -м**

***AN,=—N.mi*1 Г, '■**

***hi2NAm,At***

***k"‘\L***

***ТА***

**■, ДЛГ2 =**

***hi2NAm2&t***

***AN, =***

***ln2N A At***

**.'VS**

***T2A2* •’ *T3A3***

**Na — постоянная Авогадро, T, — период полураспай  
508**

ii jo гопа (индекс 1/2 у **Т** опущен), **А,** —его молярная мас-  
са. Откуда искомое отношение для каждого изотопа равно

v *™,/{А,Т,)*

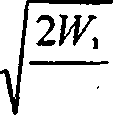
A.V, + ДА'-, + Д**N3** щ, **/{АХТ**Х)+ **>п2 /{А2Т**2) + **>п3 /(А3Т3) '**Подставляя числовые данные, нетрудно убедиться, что вся  
радиоактивность природного урана обусловлена изотопом  
gfU. радиоактивность же изотопов yfU и gfU исчеза-  
юще мала.

1. Кинетическая энергия а-частицы, вылетающей из яд-  
   ра атома радия при радиоактивном распаде, = 4,78 МэВ. Най-  
   ти скорость v «-частицы и полную энергию **W**, выделя-  
   ющуюся при вылете «-частицы.

Решение:

Кинетическая энергия а-частицы **W, -**

|  |  |
| --- | --- |
| **11П’2 2** ’ | откуда |
| **W,** | выделя- |



**■** -1

***m***

юшаяся при вылете **а** -частицы, складывается из кине-  
тической энергии **а** -частицы **W]** и кинетической энергии  
остаточного ядра **W2,** т. е. **W = W, + W2** — (1). Кроме того,  
согласно закону сохранения импульса m,v, = m2v2 — (2).

Из (2) получим )2 = ■**/7?|V| 2,”‘** = **W, 2m,;** (w,v,)2 =

**= (w2v2 )2 =**

? **»bv22m2** „ ... ... **2тЖ**

**——- = 2m2W7. Из (1) имеем W = W, + —-—1 -**

***2т-,***

***{ \***

**1+В**

***= W,***

V

***т***

**>112 + /77;**

***ль***

**. Подставляя числовые данные,**

получим **W** = 4,87-106 эВ.

1. Какое количество теплоты **Q** выделяется при расв

радона активностью **а** = 3,7 **■** 1010 Бк: а) за время **t =** 1 ч; б)  
среднее время жизни г ? Кинетическая энергия вылетающей-’  
радона **а** -частицы **W - 5,5** МэВ.

Решение:

По закону сохранения энергии количество тепла, котор  
выделяется при распаде радона, равно Q — **NW** **— (1), г  
N** — число распадов за время **t, W** — кинетическ  
энергия а-частицы. Поскольку **N-at** —(2), где **а** |  
активность радона, то, подставляя (2) в (1), получа  
**О = alW** — (3). а) Если /=1ч, то из формулы |  
£? = 117,22Дж. б) По определению среднее время жиз|

радона г=— —(4). Поскольку постоянная распада (с

Я

задачу 21.9) равна Я = — (5), то, подставляя (5) в

*In 2*

i

^1/2  
Т

получаем г - — (6). Учитывая, что t = г, поде

***In 2***

dWTU2 ice ТТ  
 — = 15,5кДж.;

**(**6**) в (3), окончательно получаем** Q =

***In 2***

1. Масса m = 1 г урана ^8U в равновесии с проду»

его распада выделяет мощность Р = 1,07-КГ7Вт. Найти ме  
ную теплоту Q , выделяемую ураном за среднее время жизн»|  
атомов урана.

**Решение:**

Мощность, выделяемая при распаде урана ^U, **ра**- (1), где Q — количество тепла, котор

***г-3.***

***I***

выделится при распаде за время t. По

510

**i =** г = — — (**2**), где г — среднее время жизни атомов  
**Л**

урана **92**\* U, **Л** — постоянная распада, которая связана с  
периодом полураспада урана следующим соотно-  
шением: **Ti/2** откуда **Л** = -^^- —(3). Подставляя (3)

***Л Ти2***

**в (2), получаем t =**

**подучим Р =**

*Qln 2*

*4/2*

***Т***

**-L-2- — (4), затем, подставляя (4) в (1),  
In 2**

***РТ***

**, откуда Q = —— — (5). Число молей  
In 2**

урана **9**,\*U, участвующее в распаде **v =** — — (**6**), где

А

// = 238г/моль — молярная масса урана **928**U. Молярная  
теплота, выделяемая ураном U за среднее время жизни

его атомов, равна **Q„** = — — (7). Подставляя (5) и (**6**) в (7),

***н v***

***РТ и***

окончательно получаем **Q** =—**М2Р-** = 5,21 -10**12** Дж/моль.

***mini***

1. Найти активность **а** радона, образовавшегося из массы  
   **m =** **1** г радия за время **t** = **1** ч.

Решение:

Поскольку по условию задачи из радиоактивного изотопа  
jf Ra образуется новый радиоактивный изотоп g|**2**Rn,  
то по истечении времени / число ядер изотопа ^2Rn

б\ дет определяться по формуле **N2=N0l**———х

***Л2-Л\***

\*(е.\т?(~Л,г)-елр(-Л,/)) — (1), где **N0l = — NK —** (2) —

***М\***

начальное число ядер изотопа gg6Ra, **А,** и —  
ответственно постоянные распада gg6Ra и **Ц2** Rn. Посто|

***TU2***

янная распада (см. задачу 21.14) равна **А**~^—■ — (3|

***iTl***

Подставляя (2) и (3) в (1), получаем **N-,** =—

**'** /4 1

**7l/2(2)**

**2(1) ^1/2(2)**

**ел'р**

***tin2***

V \*i/2(.)

**- *exp***

***tin 2***

- (4).

тивность образовавшегося радона равна **а2 = -A2N2** —(I  
Подставляя (3) и (4) в (5), окончательно получа

***N,=-***

**777, *Nk hi 2***

**/4(71/2(1) ^1/2(2))**

***exp***

***( 1hl2 ^  
ТУ2(\)***

***■exp***

***tin 2  
Tf/2 (2)***

TV, = 2,85-108 Бк.

1. В результате распада массы **т0** = 1г радия за epei  
   **t** = 1 год образовалась некоторая масса гелия, занимающая tig  
   нормальных условиях объем К = 43 мм'. Найти из этих дан  
   постоянную Авогадро (VA.

основному уравнению молекулярно-кине

**Решение:**

**Согласно**

ческой теории **р = пкТ,** откуда **п = —** — (1), где **п-Щ**

***кТ***

число образовавшихся атомов гелия в единице объе»Й  
р = 101 кПа и Г = 273 К — соответственно давление^  
абсолютная температура при нормальных условий  
**к** = 1,38- КГ23Дж/К — постоянная Больцмана. С дру£б!

стороны, **п**=——— —(2), где **N = N0exp(-At)** —

***1)1*2**

Постоянная распада (см. задачу 21,14) равна **Л =** —

Т|/2

**(4). Подставляя (4) в (3), получаем N = -**

***tin*2**

***Ти***

2 7

1. , затем, подставляя (5) в (2), получаем

**Л'о[i *-exp(-tln2/T,,-,)]* г**

**п** =—— — (6). Приравнивая правые

части соотношений (1) и (6), получаем  
**Р** А0 [i - **ехр(~ {1п2/ТиЛ**

— = —— — — (**7**) Начальное число

*кТ V*

атомов радия равно **N0 =** — **NA** — (8). Подставляя (8) в

***И***

***Р щ* Лгд [l - *ехр(-11п 2/Тх/2)]***

**откуда**

**равна**

1. , получаем —= - — **'J-UA**

***кТ цУ***

постоянная Авогадро

**окончательно  
Л' - , РуУ**

**Л *кТ*w0 [l - *ехр(-t In 2/ТУ2)}***

= 6 • 1023 моль-'.

1. В ампулу помещен препарат, содержащий массу  
   **ш0 =** 1,5 г радия. Какая масса **m** радона накопится в этой ампуле  
   по истечении времени / = 7]/:/2, где **Тхп** — период  
   полураспада радона?

Решение:

Поскольку период полураспада изотопа Ц2 Rn значительно

меньше периода полураспада изотопа **Ц6 Ra,** то число  
атомов радона, которое накопится в ампуле по истечении

***Я***

**времени *t,* равно *N2 = Nox—(l-exp(-A2t))* — (1).**

***Л->***

Поскольку постоянная распада (см. задачу 21.14) равна

, /и 2 /?{■>)

**Л** = — (2) и но условию **( =** —— — (3), то, подстав-

***Т,***

**ляя (2) и (3) в (1), получаем N1 = N(**

01

**7l/2(2)** ;е**^1/2(1) .**

ум

***\-ехр\ -***

***1п2***

— (4). Поскольку **N2** =— iVA — (5) и

***М2***

111

**N0l** = — **Na** — (6), то, подставляя (5) и (6) в (4), окончатель-  
**Mi**

**но получаем т =**

И?о//2^1/2(2)

**“Н/-'т)**

**= 3-10'9 кг.**

1. Некоторое число атомов радия помещено в замкнуты#'  
   сосуд. Через какое время / число атомов радона **N** в этоц«  
   сосуде будет отличаться на 10% от того числа атомов радона  
   которое соответствует радиоактивному равновесию радия 6?  
   радоном в этом сосуде? Построить кривую зависимоспй

***N л***

изменения — в сосуде от времени / в интервале 0S/<67, **£**

принимая за единицу времени период полураспада радона 7j 2.

Решение:

i

Число атомов радона, которое накопится в замкнутом с®-  
суде за время /(см. задачу 21.17), равно **N = N0i** — \*.

х (l - **ехр(-** /1о/)) — (1). При радиоактивном равновесии  
4тТ- = —, откуда .V' = yY0l (2). Разделив (1) на (2),

/V Я, Aj

получаем 2**— =** (i \_ **<?щ-** я,/)) — (3). По условию!

А

***N-N' N***

——— = 0,1 или — = 0,9 — (4). Приравнивая правые

части соотношений (3) и (4). получаем 1 -схр(-Я2/)=0>9,  
или **exp** (- **ty)** = 0,1 — (5). Логарифмируя соотношение (5),;  
514

получаем - **Л2( = In** 0,1 или **t** = -

***In 2***

**/л 0,1**

**^2**

**(б). Поскольку по-**

стоянная распада равна **Л** = (7), то, подставляя (7) в

^1/2

1. , получаем **t** = = 12,69 суток. Подставляя (7)

***In 2***

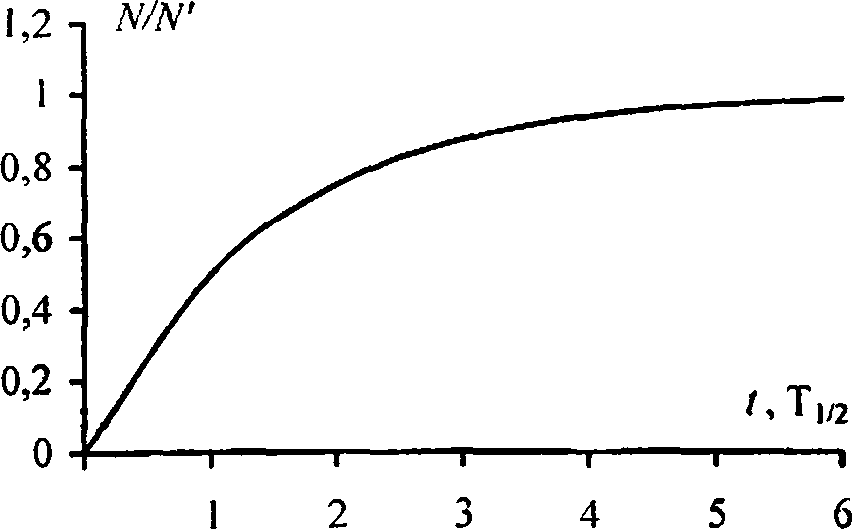
***tin 2***

Т\П(2)У

**в (3), получаем — =**

**. Подставляя в по-**

лученную формулу числовые данные, составим таблицу и  
построим график:



|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t | 0 | **Т\!2** | 2 **Тт** | л Ф  **эТ U2** | 4 **Тш** | **5Тт** | 67’ |/2 |
| **W** | 0 | 0.5 | 0,75 | 0,875 | 0,9375 | 0,96875 | 0.9844 |

1. Некоторое число атомов радона **N'** помещено в зам-  
   кнутый сосуд. Построить кривую зависимости изменения числа

***N***

атомов радона — в сосуде от времени в интервале 0 < **t** < 20 сут

через каждые 2 сут. Постоянная распада радона **Л** = 0,181 сут'1

Из кривой — = **f\t)** найти период полураспада **Т1П** радона.

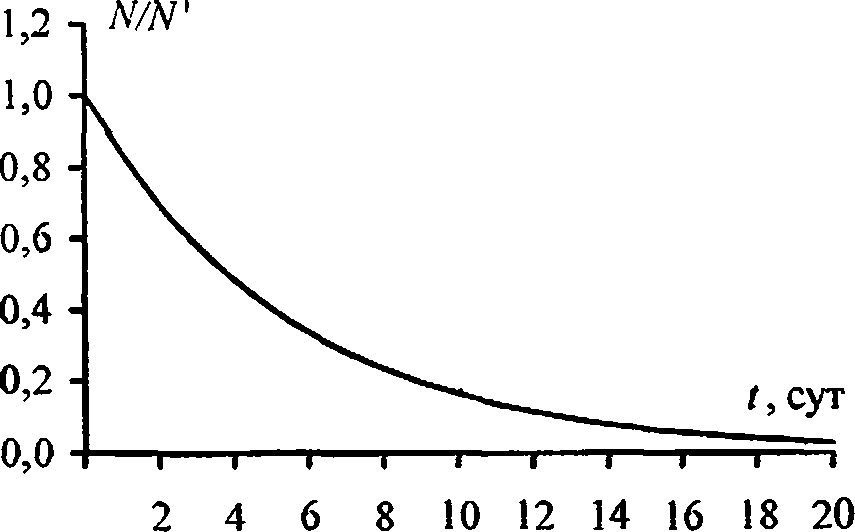
***N'***

yV ч

Имеем **N** = **N'e**~'J, отсюда — = **е а** = **ехр(-** 0,181/). Для за-  
данного интервала значений / составим таблицу и построч-  
им график. Период полураспада найдем как абсциссу точ-  
ки кривой, ордината которой равна 0,5. По графику найдем

**Ти 2** = 3,8 сут.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| /, сут | 0 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 |
| **N/N’** | 1 | 0,696 | 0,485 | 0,338 | 0,235 | 0,164 |
| **Продолжение** | | | | | |  |
| /, сут | 12 | 14 | 16 | 18 | 20 |  |
| **N/N’** | 0,114 | 0,079 | 0,055 | 0,038 | 0,027 |



1. В нижеследующей таблице приведены результаты из-  
   мерения зависимости активности **а** некоторого радиоактивного  
   элемента от времени /. Найти период полураспада **Тш** эле-  
   мента.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **/,ч** | **0** | О | **6** | **9** | **12** | **15** |
| **о, 3,7107Бк** | **21,6** | **12,6** | **7,6** | **4,2** | **2,4** | **1,8** |

Решение:

Как видно из таблицы, измерение активности радиоактив-  
ного изотопа производилось через равные промежутки вре-  
мени г = 3 часа. По определению активность <аг = |— АЛ/| —

1. . где **N** — число распавшихся ядер к моменту времени  
   **t**. По закону радиоактивного распада **N = N0exp(-At**) —
2. , где **N0** — начальное число ядер. Начальная

активность из формулы (1) равна ай **-Ш0** — (3), а к мо-  
менту времени **t** она станет равной — (4).

Подставляя (2) в (4), получаем **a(t)=ANQ ехр(- Xt)** — (5).  
Сопоставляя формулы (3) и (5), нетрудно заметить, что за-  
кон изменения активности имеет вид: **a(t)= а0ехр(-At)** —

1. . Подставим в формулу (6) любое значение активности  
   из таблицы, например для **t =** 4г, тогда **а4 = а0ехр(-4гЛ),**

откуда **ехр(4тЛ)= —** —(7). Логарифмируя выражение (7),

«4

получаем 4гЯ = /и—, откуда постоянная распада

— (8). По определению период полураспада

***/п(ап/* а4)**

**4г  
*In 2***

**Т{ 2** =:^ — (9). Подставляя (7) в (8), окончательно  
**Л**

4г **In** 2

получаем **Ти2** =——;—^ = 3,79 часа.

**/и(а0/о4)**

1. В ампулу помещен радон, активность которого  
   **а„ -** 14,8-109 Бк. Через какое время **t** после наполнения ампулы  
   активность радона будет равна **а** = 2,22 • 109 Бк?

Решение:

В начальный момент времени активность радона в ампуле  
равна **а0** = -ЯМ0 — (1), а спустя время / она станет равной

517

***а N***

**а - -Aft** — (2). Разделив (2) на (1), получаем — = —

1. . Поскольку **N** = Лг0 **ехр(- At**), то отсюда — = **ехр(- At)** —

***а0***

Ло

1. . Сопоставляя формулы (3) и (4), находим, что  
   — **-exp(-Al),** откуда, логарифмируя, получаем

***а.***

= **-At** — (5). Поскольку постоянная распада (см. за->

**/и —**

***а,***

***о;***

***In 2***

**дачу 21.14) равна А = (6), то, подставляя (6) в (5),**

***Т>,***

**получаем In**

***f \  
а***

*4/2*

***tin 2***

***\ай j***

**г\_ *Т\*** *2****^(а/а0)  
In 2***

**Ту 2  
10,45 суток**

**откуда окончательно находим**

1. Свинец, содержащийся в урановой руде, является ко-  
   нечным продуктом распада уранового ряда, поэтому из отно-  
   шения массы урана в руде к массе свинца в ней можно опре-  
   делить возраст руды. Найти возраст **t** урановой руды, если из-  
   вестно, что на массу /лур = 1 кг урана 2\* U в этой руде прихо-  
   дится масса **тп** = 320 г свинца gf РЬ.

Решение:

**Имеем Л;в = ,Vyp**

**'"о \_ '">v  
Д:в -^ур**

**, 0,69зЛ**

***1-ехр* —**

V **)  
, I 0,693/ |**

***■exj^***

**Ч *Тиз***

**, где Ти 2— период полурас-**

пада урана, **н Аур**— молярные массы свинца и урана.  
Отсюда / = 3-109лет.

1. Зная периоды полураспада **Тхп** радия и урана, найти  
   число атомов урана, приходящееся на один атом радия в природ-  
   ной урановой руде. Указание: учесть, что радиоактивность  
   природного урана обусловлена в основном изотопом ^8U .

Решение:

В природной урановой руде атомы урана и радия нахо-

***N. X,***

дятся в радиоактивном равновесии, поэтому —- = — —

**N2** Я,

(I). Поскольку постоянная распада (см. задачу 21.14) равна  
**In 2**

Я = — (2), то, подставляя (2) в (1), получаем

Т|/2

A', ^l/2(l) АГ **^\^\/2(2)** г т,

ТГ = Г ’ 0ткуда **^2** **=-=——>** где **TU2(i)** и **ТУ2{2) —**

'V2 21/2(2) \ **1\/2(\)**

соответственно периоды полураспада радия и урана.  
Учитывая, что радиоактивность природного урана обус-

**92**SU, то принимаем

**ловлена в основном изотопом**

**Тш{2) = 4,5 • 109 лет. Поскольку N} -1, то  
= 2.83-106 лет.**

**\_ ^1/2(2) \_**

**Ч/2(|)**

**21.24. Из какой наименьшей массы m руды, содержащей  
42% чистого урана, можно получить массу от0 = 1 г радия?**

**Решение:**

**В природной урановой руде (см. задачу 21.23)**

**Nt \_ 7|/2(i)**

**соотношение атомов радия и урана**

**У, Г,**

(**1**).

1/2(2)

**Количество атомов радия и урана соответственно равно**

**- (3), поскольку по**

**/лч АГ 0,42т  
(2) и N2= Nt**

***na***

***H2***

**условию руда содержит 42% чистого урана. Разделив (2)**

на (3), получаем = **-—^2** -

**N2 0,42w//,**

**(4). Приравнивая  
и (1), получаем**

правые части соотношений (4)

**ЩМ2** =1кМ = 7>09 103 кг.

0,42 да//, Г|/2(|)

1. а-частицы из изотопа радия вылетают со скоростью  
   v = 1,5\*107 м/с и ударяются о флуоресцирующий экран. Считая,  
   что экран потребляет на единицу силы света мощность  
   **Р, =** 0,25 Вт/кд, найти силу света **I** экрана, если на него падают  
   все **а** -частицы, испускаемые массой **т** = 1 мкг радия.

Рещенне:

Из теории относительности известно, что кинетическая  
энергия ст-частицы зависит от скорости ее движения

***( \***

**следующим образом:**

***К* = *1ЩС1***

**-1**

**(1), где**

**Р**  (2) — относительная скорость **а** -частицы. Под-

***с***

ставляя (2) в (1), получаем **WK =т0с‘**

**1**

**— 1**

1. . Полная энергия всех а-частиц, испускаемых радием,  
   равна **W** = **aWK** — (4), где a=|-/UV| — (5) — активность

/л 2

радия, **N** =—**N**д —(6) — число атомов радия, А = —

***И***

Ч 2

1. — постоянная распада радия. Подставляя (6) и (7) в (5),

**получаем а = -**

***mN. in 2***

**пол\ чаем W =**

**А — (8). Подставляя (3) и (8) в (4),**

**/'M/2**

***m0c7mNA In 2***

**(9). Мощ-**

ность, потребляемая экраном на единицу силы света, равна  
**р Р**

**Р1 -** —, откуда сила света **I**  (10). По определению

**I** О

***IV***

мощность **Р =** — — (11), причем в нашем случае / = 1с.

***W***

Подставляя (11) в (10), получаем **I**-— — (12).

***Р/1***

Подставляя (9) в (12), окончательно получаем  
**( \**

***^ \_ п)ис2тЫ& hi 2***

**^l-(v/cf**данные, получим **I** = 1,1 • 10\_J Кд.

**. Подставляя числовые**

***HTu2Ptt***

1. Какая доля первоначальноП массы радиоактивного  
   изотопа распадается за время жизни этого изотопа?

Решение:

Число атомов радиоактивного изотопа, которое распа-  
дается за время /, равно = ААд (l — ел:/? (— Я/)), где **N0** —

начальное число атомов, **Л** — постоянная распада. Отсюда  
доля первоначальной массы радиоактивного изотопа, кото-  
рая распадается за время /, равна -^- = 1 **-exp(-At)** — (1).

Среднее время жизни радиоактивного атома г = по

***л***

условию **t** = г — (3). Подставляя (2), с учетом (3), в (1),  
получаем **-1-е'1 =** 0.632 или = 63.2**% .**

***No***

***Nn***

1. Найти активность **а** массы **т** = 1 мкг полония **Ро** .  
   Решение:

Активность радиоактивного изотопа равна **а = \-Ш\** —  
(1). Постоянная распада (см. задачу 21.14) равна

521

**Л-^^-** — (2). Число атомов полония ^°Ро равно  
^1/2

**N=^-NA** — (3). Подставляя (2) и (3) в (1), получаем  
**М**

**а=а£Ып1**=1)б7.108 **бк.**

***№\П***

1. Найти удельную активность **ат** искусственно палу--  
   ченного радиоактивного изотопа стронция .

Решение:

Удельная активность радиоактивного изотона **ат-—** —

*т*

1. , где **а** — активность радиоактивного изотопа, которая

(см. задачу 21.27) равна **а** = — (2). Подставляя (2)

***MT\n***

... *N>ln2v .*

в (1), получаем **а,„** =— Бк/кг.

***МТи2***

1. К массе **/и,** = **10** мг радиоактивного изотопа **ЦСа** до-  
   бавлена масса да2 =30мг нерадиоактивного изотопа ^Са. На  
   сколько уменьшилась удельная активность **am** радиоактивного  
   источника?

**Решение:**

**Первоначальная удельная активность изотопа ^Са равна**AN Ж  
**т.**

ап, 1=-

*ln2Nf.m, ln2N.* ... „ \_

A—L- а. — (1). После добав-

***Т\/2Ащ***

**М|А/**

**ления изотопа 2°Са удельная активность стала равна**

*AN ln2Nkmt* ..

**— (2), где 4 — моляр-**

ат2 ~

(т, +ш2)дг **Тиг\*** I (m, **+т2)**

ставляя числовые данные, получим А **а,,,** =4,9-101 Бк/кг

1. Какую массу **пи** радиоактивного изотопа ^°Bi надо  
   добавить к массе /», = 5 мг нерадиоактивного изотопа gfBi, что-  
   бы через время / = 10 сут после этого отношение числа распав-  
   шихся атомов к числу нераспавшихся было равно 50“о? Постоян-  
   ная распада изотопа g!°Bi равна **Л -** 0,14 сут 1

Решение:

Поскольку распадается только радиоактивный изотоп  
S**3**° Bi, то число распавшихся атомов будет равно

**N =** — **NA** (l - **ехр(- At))** — (1), а число нераспавшихся

***М2***

будет складываться из атомов нерадиоактивного изотопа  
Bi и нераспавшихся атомов изотопа |з° Bi и будет равно

***Nn = —LNA+—^-NAexp{-Zt)* — (2). Разделив (О на (2),  
*М\ М2***

***ni-,p{(\-exp{-At))***

получаем —- = =‘£-Li **, 7 .**. откуда масса ралио-

***NH 1Щр2* + *nhM\ ехр[- М*)**

активного изотопа g]°Bi равна  
 **»hMiNy**

**Подставляя числовые**

**лучим Л ат =**

***In2N.***

Т*1*/*2*А

**1-**

***ln2Ni.ni***

**т| + т2 J Ти2 А, (»?, + «;2)**

**Под-**

2 f,Vp/ V J

данные, получим **ш2** = 4 мг.

1. Какой изотоп образуется из jfTTi после четырех  
   **а** -распадов и двух **/}** -распадов?

При **а** -распаде массовое число радиоактивного изотопа  
уменьшается па 4, а заряд на 2 единицы. В общем виде  
уравнение **а** -распада можно записать как

/ **К\ -±z**~-2 **К2** +7 **се** — (1). При **р** -распаде испускается  
электрон, поэтому заряд ядра возрастает на единицу, а  
массовое число не изменяется. Таким образом, уравнение

**Р** -распада имеет следующий вид: **\ Кх** ~>z+i **^2** +-i **е** —  
(2). Для **N** распадов уравнения (1) и (2) перепишутся еле-1дующим образом: ^**Кх** + **^**2**а** — (3) и

**у Кх** у **К2** + **№.{е** — (4). Для **Na-4** из уравнения (3)  
для радиоактивного изотопа **ffTh** имеем **К2 +**

+ 4 л от. Для **Np=** 2 из уравнения (4) для радиоактивного  
изотопа g!6 **К]** имеем |зб**К2** + 2°,е. Из таблицы  
Менделеева находим, что это изотоп **Ц6Ро.**

1. Какой изотоп образуется из ^8U после трех «-рас-  
   падов и двух **р** -распадов?

Решение:

Дли Л' **а** -распадов и /?-распадов (см. задачу 21.31) урав-  
нения соответственно имеют вид **'^Кх** ->z-xv **К2 + N2a** —  
(I) и 2 ->z+;V **К2** + ArV — (2). Для **Na =** 3 из уравнения

(I) для радиоактивного изотопа ^8U имеем  
**If U ->Ц6 К2 +342а**. Для **Np-2** из уравнения (2) для  
радиоактивного изотопа **If** имеем **If Кх ->lf К2 + 2°\_хе.**Из таблицы Менделеева находим, что это изотоп **Ц**6Ra .

524

1. Какой изотоп образуется из после двух /?-рас-  
   падов н одного **а** -распада?

Решение:

Для ;V **(3** -распадов и одного **а** -распада (см. задачу 21.31)  
уравнения соответственно имеют вид **А Kt ->z,x К2 + N^e -**

1. и —**у?12 K2** **+2** **cc** — (2). Для **Np=** 2 из уравнения
2. для радиоактивного изотопа имеем

**Ту?U** ->ад9 **К2 + 2%е.** Из уравнения (2) для радиоактивного  
изотопа **К\** имеем |j9 **AT,** —**К2** + ' **а .** Из таблицы Мен-  
делеева находим, что это изотоп g^L'.

1. Какой изотоп образуется из \*Li после одного /?-рас-  
   пада и одного а-распада?

Решение:

Дтя одного **Р** -распада и одного **а** -распада (см. задачу  
21.31) уравнения соответственно имеют вид  
**А?К,** -^+1 **К2** +° **е** — (1) и **\КХ K**2**+U —** (2). Из  
уравнения (1) для радиоактивного изотопа имеем  
\* **Ц** —^ **К2** -+°, **е**. Из уравнения (2) для радиоактивного  
изотопа ® АТ, имеем **\К\ К2+\ а.** Из таблицы Менде-

леева находим, что это изотоп gfl).

1. Какой изотоп образуется из '^’Sb после четырех  
   **Р** -распадов?

Решение:

Для **N Р** -распадов (см. задачу 21.31) уравнение имеет  
вид **А К**, ->**2**+л**1** **К2** + **N^e.** Для **Np** = 4 для радиоактивного

inoTona <v'Sb имеем ^БЬ-эЦ3 **К,** +4°,e. Из таблицы  
Менделеева находим, что это изотоп .

1. Кинетическая энергия **а** -частицы, вылетающей из  
   ядра атома полония ^Ро при радиоактивном распаде,  
   1Г = 7.68 МэВ. Найти: а) скорость v **а** -частицы; б) полную  
   энергию ГГ , выделяющуюся при вылете а-частицы; в) число  
   пар ионов Л\ образуемых а-частицей, принимая, что на  
   образование одной пары ионов в воздухе требуется энергия  
   П/0=34эВ; г) ток насыщения /н в ионизационной камере от  
   всех а-частиц, испускаемых полонием. Активность полония  
   о = 3.7 • 104 Бк.

Решение:

Из теории относительности известно, что кинетическая  
энергия **а** -частицы зависит от скорости ее движения

/ \

**следующим образом:**

***1К = щс***

***fi-P2***

**(1), где**

**fi** =- (2) — относительная скорость **а** -частицы, а) Из

***с***

формулы (1) относительная скорость равна

**Р = -—:** г—- — (3). Приравнивая правые части

**\_»к+2 щс2)**

***К* + *»hc"***

соотношений (2) и (ЗХ находим скорость а-частицы:,

***сЖЖ+2тйс2)* ,**

v = **———iM/c.** б) Полная энергия **W** , выделя-  
**К** + **Щс'**

юшаяся при вылете **а** -частицы, равна сумме кинетической  
энергии (Кк1 сг-частицы и кинетической энергии **Wa**остаз очного ядра: 1F = JFKl + lFk:2 — (4). Кроме того, имеет  
место закон сохранения импульса. Поскольку до распада  
импульс системы был равен нулю, го после распада

\Ч Н}\} | — fffl л / \")

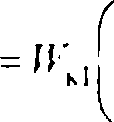
**(им-.У = = U\\2l»\ = =**

**/;ь v; 2//;,**

**= JFk22;;;:**

**То1да из (4) имеем И’ = П'к**

**2 »ь**



>н,

**J**

... W|+/Jb п

- (г , . Подставляя числовые данные, получим

ff'- 7.83 МэВ. в) Число пар ионов, образуемых а-часзи-

***1У***

цеп. равно N = —^- = 2,26-10' . г) Ток насыщения в пониза-  
ли

циопной камере от всех а-частиц, испускаемых полонием,  
равен /и =яЛ'Ы, где /V — число пар ионов, образуемых  
полонием, **а** — активность полония, **с** — элементарный  
наряд. Подставляя числовые данные, находим

/и - 1.34 10"' А.