

放射線 No.5-1 放射平衡

1. サイコロ実験

(a) 過渡平衡

No.3 で考えたサイコロをもう一度考える. 初め N_0 個あったサイコロをふって, 1 の目が出たサイコロを除いた残りの個数を N_1 とする. 次に除いたサイコロをふり, 1, 2, 3 の目のでたサイコロを除いた残りの個数を N_2 とする. $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ として,

$$\begin{cases} N_1(k+1) = N_1(k) - \lambda_1 N_1(k) \\ N_2(k+1) = N_2(k) - \lambda_2 N_2(k) + \lambda_1 N_1(k) \end{cases} \quad (1)$$

と書くことができる. ここで, $\lambda_1 = \frac{1}{6}$, $\lambda_2 = \frac{3}{6}$ は, それぞれ 1 個のサイコロをふったとき指定の目の出る確率である. この確率と残りのサイコロの数をかけたものを放射能 $A_1 = \lambda_1 N_1$, $A_2 = \lambda_2 N_2$ という.

$N_0 = 120$ として理論値を計算し下の表を完成させなさい. 小数第 3 位を四捨五入しなさい. N_1 と A_1 は, No.3 と同じである.

回数	N_1	N_2	$A_1 = \lambda_1 N_1$	$A_2 = \lambda_2 N_2$	$A_1 + A_2$
0	120	0	20	0	20
1	100	20.00	16.67	10.00	26.67
2	83.33	26.67	13.89	13.34	27.23
3	69.44	27.22	11.57	13.61	25.18
4	57.87	25.19	9.65	12.60	22.25
5	48.23	22.24	8.04	11.12	19.16
6	40.19	19.16	6.70	9.58	16.28
7	33.49	16.28	5.58	8.14	13.72
8	27.91	13.72	4.65	6.86	11.51
9	23.26	11.51	3.88	5.76	9.64
10	19.38	9.63	3.23	4.82	8.05
11	16.15	8.05	2.69	4.03	6.72
12	13.46	6.71	2.24	3.36	5.60
13	11.22	5.60	1.87	2.80	4.67
14	9.35	4.67	1.56	2.34	3.90
15	7.79	3.89	1.30	1.95	3.25
16	6.49	3.24	1.08	1.62	2.70
17	5.41	2.70	0.90	1.35	2.25
18	4.51	2.25	0.75	1.13	1.88

(b) 放射能 A_1 , A_2 , $A_1 + A_2$ を片対数グラフに描きなさい.

(c) 永続平衡

前と同じモデル実験で、 $\lambda_1 = \frac{1}{1000}$ とすると、放射能は以下の表のようになる。

回数	N_1	N_2	$A_1 = \lambda_1 N_1$	$A_2 = \lambda_2 N_2$	$A_1 + A_2$
0	120	0	0.12	0.00	0.12
1	119.88	0.12	0.12	0.06	0.18
2	119.76	0.18	0.12	0.09	0.21
3	119.64	0.21	0.12	0.10	0.22
4	119.52	0.22	0.12	0.11	0.23
5	119.40	0.23	0.12	0.12	0.24
6	119.28	0.24	0.12	0.12	0.24
7	119.16	0.24	0.12	0.12	0.24
8	119.04	0.24	0.12	0.12	0.24
9	118.92	0.24	0.12	0.12	0.24
10	118.81	0.24	0.12	0.12	0.24
11	118.69	0.24	0.12	0.12	0.24
12	118.57	0.24	0.12	0.12	0.24
13	118.45	0.24	0.12	0.12	0.24
14	118.33	0.24	0.12	0.12	0.24
15	118.21	0.24	0.12	0.12	0.24
16	118.09	0.24	0.12	0.12	0.24
17	117.98	0.24	0.12	0.12	0.24
18	117.86	0.24	0.12	0.12	0.24

(d) 放射能 A_1 , A_2 , $A_1 + A_2$ を片対数グラフに描きなさい。

放射線 No.5-2 放射平衡

1. 10 mg の ^{226}Ra (半減期 1,600 年) を密閉容器に 40 日間保管した時, 容器内に存在する ^{222}Rn (半減期 3.8 日) の原子数として最も近い値は, 次のうちどれか. [2017 年化学問 4]

- (a) 7.3×10^7
- (b) 2.0×10^9
- (c) 1.8×10^{11}
- (d) 7.3×10^{12}
- (e) 1.8×10^{14}

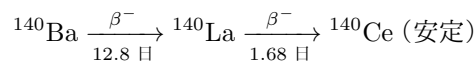
2. 逐次壊変する親核種 X (壊変定数 λ_X) とその娘核種 Y (壊変定数 λ_Y) に関する次の記述のうち, 正しいものを 2 つ選べ. [2017 年化学問 5]

- (a) λ_Y が λ_X に比べて小さいとき, 過渡平衡が成り立つ.
- (b) 過渡平衡では, 親核種の原子数は娘核種の半減期で減少する.
- (c) 永続平衡では, 親核種と娘核種の放射能は等しくなる.
- (d) λ_X が λ_Y に比べて無視できるほど小さいとき, 永続平衡が成り立つ.

3. 半減期が 1 時間の核種 A から半減期 10 時間の核種 B が生成する. 1 GBq の核種 A のみがあったとき, 10 時間後の核種 B の放射能 [MBq] として最も近い値は, 次のうちどれか. [2016 年化学問 3]

- (a) 25
- (b) 39
- (c) 56
- (d) 78
- (e) 111

4. ^{140}Ba は以下のように 2 回 β^- 壊変して ^{140}Ce になる. 分離精製した ^{140}Ba 試料に関する次の記述のうち, 正しいものはどれか.



[2016 年化学問 8]

- (a) ^{140}La の放射能が最大となる前に, ^{140}La と ^{140}Ba の放射能の和に極大が表れる.
- (b) ^{140}La の放射能が最大となるとき, ^{140}La と ^{140}Ba の放射能の和は, その時点における ^{140}Ba の放射能の 2 倍に等しい.
- (c) ^{140}La の放射能が最大となった後, ^{140}La の放射能と ^{140}Ba の放射能の比は, 次第に一定になる.
- (d) ^{140}La の放射能が最大となった後, ^{140}La の原子数と ^{140}Ba の原子数の比は, 次第に一定になる.

5. 次の逐次壊変にある核種の組合せのうち, 放射平衡となり得るのはどれか. なお, 括弧内に半減期を示す. [2013 年化学問 5]

- | | 親核種 | 娘核種 |
|-----|----------------------------|----------------------------|
| (a) | ^{57}Ni (1.5 日) | ^{57}Co (272 日) |
| (b) | ^{68}Ge (271 日) | ^{68}Ga (68 分) |
| (c) | ^{87}Y (79.8 時間) | ^{87m}Sr (2.8 時間) |
| (d) | ^{140}Ba (12.8 日) | ^{140}La (1.7 日) |

6. 精製した ^{140}Ba から生成した ^{140}La の放射能が, 精製時より 25.6 日後に 5.0 kBq であった. 精製時における ^{140}Ba の放射能 [kBq] として最も近いものはどれか. ただし, ^{140}Ba の半減期を 12.8 日, ^{140}La の半減期を 1.7 日とする. [2012 年化学問 8]

- (a) 2
- (b) 7
- (c) 12
- (d) 17
- (e) 22

7. ^{238}U を 234 g 含む試料中の ^{222}Rn の放射能 [Bq] として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、この試料中のウラン系列核種は永続平衡にあり、 ^{238}U 1 g の放射能は $1.2 \times 10^4 \text{Bq}$ である。[2011 年化学問 8]

- (a) 1.2×10^4
- (b) 2.8×10^5
- (c) 1.2×10^6
- (d) 2.8×10^6
- (e) 1.2×10^7

8. 次の逐次壊変において放射平衡となる得るのはどれか。[2011 年化学問 9]

- (a) ^{42}Ar (32.9 年) → ^{42}K (12.4 時間) →
- (b) ^{51}Mn (46.2 分) → ^{51}Cr (27.7 日) →
- (c) ^{132}Te (3.20 日) → ^{132}I (2.30 時間) →
- (d) ^{140}Ba (12.8 日) → ^{140}La (1.68 日) →

9. 今日の講義でわかったこと・わからなかったこと・感想などを書きなさい。(自由記載)