

問題 15. 化学線量計

化学線量計は、高レベルの放射線量を間接的に決定するために広く用いられている。最も一般的な線量計は硫酸鉄(硫酸第一鉄-硫酸第二鉄)線量計である。電離放射線が水溶液を通過すると、ラジカル、イオン、分子といった多くの生成物が形成される。それらのほとんどは Fe^{2+} を Fe^{3+} へ酸化することができる。

1.1. Fe^{2+} の電子配置を選びなさい。

- A) $3d^64s^0$ B) $3d^54s^0$ C) $3d^44s^2$ D) $3d^54s^1$

1.2. 次の物質による Fe^{2+} の酸化反応の化学反応式をそれぞれ書きなさい。

- A) H_2O^+ B) $\text{OH}\cdot$ C) H_2O_2

その後、生成した水溶液を滴定して Fe(II) と Fe(III) の量を計算する。これには、過マンガン酸塩滴定法やヨウ素滴定法を用いることができる。

2.1. 次の化合物による酸化還元反応の化学反応式をそれぞれ書きなさい。

- a) 硫酸鉄(II)と過マンガン酸カリウム (酸性溶液中)
- b) 硫酸鉄(III)とヨウ化カリウム
- c) チオ硫酸ナトリウムとヨウ素

2.2. 以下に示す場合について、それぞれ Fe^{2+} か Fe^{3+} 、あるいは両方の濃度を計算しなさい。

a) Fe(II) 水溶液 20.00 mL の滴定で、0.1000 M 過マンガン酸カリウム水溶液を 12.30 mL 消費した。

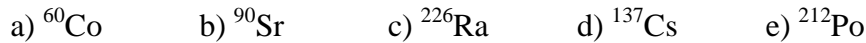
b) Fe(III) を含む水溶液 1.00 mL を希釈して 20.00 mL とし、その溶液に過剰量のヨウ化カリウム水溶液を加えた。生じたヨウ素を滴定するのに 0.0888 M チオ硫酸ナトリウム水溶液を 4.60 mL 消費した。

c) 5.00 mL の溶液を 0.1000 M 過マンガン酸カリウム水溶液で滴定したところ、加えた過マンガン酸カリウム水溶液の平均体積は 7.15 mL であった。その後、滴定のフラスコに過剰量のヨウ化カリウム水溶液を加えた。その溶液を滴定するのに 0.4150 M チオ硫酸ナトリウム水溶液を 13.70 mL 必要とした。

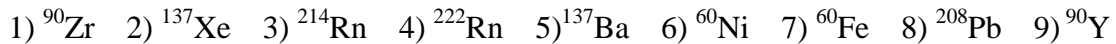
化学線量計は、大量の放射性核種が蓄積する原子炉近傍での放射線量の測定に用いられることが多い。

3.1. 放射性核種の親と娘の適切な組み合わせを作り，それぞれの場合について崩壊のタイプ(α や β^-)を示しなさい。

親核種:

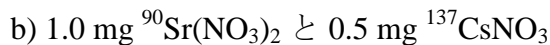
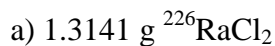


娘核種:



放射能 A は物質の粒子数 N に正比例する($A = \lambda N$)。ここで λ は式 $\lambda = \ln 2 / T_{1/2}$ によって半減期と関係づけられる崩壊定数である。放射能はベクレル(記号 Bq)単位で測定され，1 Bq とは 1 秒間に 1 回崩壊が起こることを意味する。

3.2. 半減期の値を用いて，次の物質を含む試料の放射能を GBq 単位で計算しなさい。



$$T_{1/2}(^{226}\text{Ra}) = 1612 \text{ 年}, T_{1/2}(^{90}\text{Sr}) = 29 \text{ 年}, T_{1/2}(^{137}\text{Cs}) = 30 \text{ 年}$$

3.3. なぜ ^{226}Ra が人間にとって危険であるか説明しなさい。

3.4. 放射性核種である ^{64}Cu は， ^{64}Ni (原子核が内殻電子を取り込む電子捕獲という過程によるもの)と ^{64}Zn (β^- 崩壊によるもの)に崩壊することがよく知られている。電子捕獲および β^- 崩壊の半減期はそれぞれ 20.8 時間，32.6 時間である。

a) ^{64}Cu の平均半減期を計算しなさい。

b) ^{64}Cu 試料の放射能が 10 分の 1 に減るにはどれだけの時間が必要か。