

化 学

化学のうち放射線に関する課目

試験が始まる前に、このページの記載事項をよく読んでください。裏面以降の試験問題は、指示があるまで見てはいけません。

1 試験時間：10:00～11:50（1時間50分）

2 問題数：

五肢択一式 30問（30点）、多肢択一式 2問（30点）（60点満点）（15ページ）

3 注意事項：

- ① 机の上に出してよいものは、受験票、鉛筆又はシャープペンシル（HB又はB）、鉛筆削り、消しゴム、時計（計算機能・通信機能・辞書機能等の付いた時計は不可）に限ります。
- ② 計算機（電卓）、定規及び下敷きの使用は認めません。
- ③ 不正行為等を防止するため、携帯電話等の通信機器は、必ず、電源を切ってカバン等の中にしまってください。
- ④ 問題用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁又は解答用紙の汚れなどに気付いた場合は、手を挙げて試験監督員に知らせてください。なお、試験問題の内容に関する質問にはお答えできません。
- ⑤ 試験終了の合図があったら、ただちに筆記用具を置いてください。
なお、試験監督員が解答用紙を集め終わるまで、席を離れてはいけません。
- ⑥ 問題用紙は持ち帰って結構です。
- ⑦ 不正行為を行った者は、受験資格を失ったものとみなし、試験室からの退出を命じます。また、試験終了後に不正行為を行ったことが発覚した場合、試験実施時にさかのぼり受験資格を失ったものとみなします。

4 解答用紙（マークシート）の取扱いについて：

- ① 解答用紙を折り曲げたり汚したりしないでください。また、記入欄以外の余白には、何も記入しないでください。
- ② 筆記用具は、鉛筆又はシャープペンシル（HB又はB）を使用してください。また、記入を訂正する場合は、消しゴムできれいに消してください。
- ③ 解答用紙の所定の欄に氏名・受験地・受験番号を忘れずに記入してください。特に、受験番号は受験票と照合して間違えないよう記入してください。
- ④ 解答は、1つの問いに対して、1つだけ選択（マーク）してください。2つ以上選択している場合は、採点されません。

次の問 1 から問 30 について、5 つの選択肢のうち適切な答えを 1 つだけ 選び、また、問 31、問 32 の文章の の部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答えを 1 つだけ 選び、注意事項に従って解答用紙に記入せよ。

問 1 人体中には炭素が重量で18%含まれている。現代の炭素中の放射性炭素 ^{14}C の原子数比($^{14}\text{C}/\text{C}$)を 1.2×10^{-12} とすると、体重50 kgの人の ^{14}C の放射能[Bq]として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 ^{14}C の半減期は 1.8×10^{11} 秒とする。

- 1 2.1×10^2 2 5.4×10^2 3 2.1×10^3 4 5.4×10^3 5 2.1×10^4

問 2 核種A (半減期2時間) と核種B (半減期4時間) の2つの放射性核種の混合物がある。これらの核種はそれぞれ安定核種に壊変する。混合物の全放射能が600 kBqであったとき ($t=0$) から4時間後 ($t=4$ 時間) の全放射能は250 kBqであった。 $t=0$ での核種Aの放射能[kBq]として正しい値は、次のうちどれか。

- 1 50 2 100 3 150 4 200 5 250

問 3 700 TBqの ^{137}Cs の物質質量[mol]に最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 ^{137}Cs の半減期は30年とする。

- 1 0.002 2 0.2 3 2 4 20 5 40

問 4 塩素(Cl)に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 塩素には2つの安定同位体がある。
- B ^{36}Cl が壊変して生じた中性原子の基底状態の最外殻電子はM殻にある。
- C Cl原子の最外殻電子はL殻にある。
- D ^{38}Cl の半減期は ^{36}Cl の半減期より長い。

- 1 ABDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問5 ^3H 、 ^{14}C 、 ^{32}P 、 ^{45}Ca について1モル当たりの放射能 $[\text{Bq}\cdot\text{mol}^{-1}]$ が大きい順に並んでいるものは、次のうちどれか。

- 1 $^3\text{H} > ^{14}\text{C} > ^{45}\text{Ca} > ^{32}\text{P}$
- 2 $^{32}\text{P} > ^{45}\text{Ca} > ^{14}\text{C} > ^3\text{H}$
- 3 $^{32}\text{P} > ^3\text{H} > ^{45}\text{Ca} > ^{14}\text{C}$
- 4 $^{32}\text{P} > ^{45}\text{Ca} > ^3\text{H} > ^{14}\text{C}$
- 5 $^{45}\text{Ca} > ^{32}\text{P} > ^3\text{H} > ^{14}\text{C}$

問6 比放射能 $70 \text{ kBq}\cdot\text{mg}^{-1}$ の ^{14}C エタノール ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) を酸化して得られる ^{14}C 酢酸 (CH_3COOH) の比放射能 $[\text{kBq}\cdot\text{mg}^{-1}]$ の値に最も近いものは、次のうちどれか。ただし、原子量は $\text{H}=1$ 、 $\text{C}=12$ 、 $\text{O}=16$ とする。

- 1 13
- 2 30
- 3 36
- 4 54
- 5 91

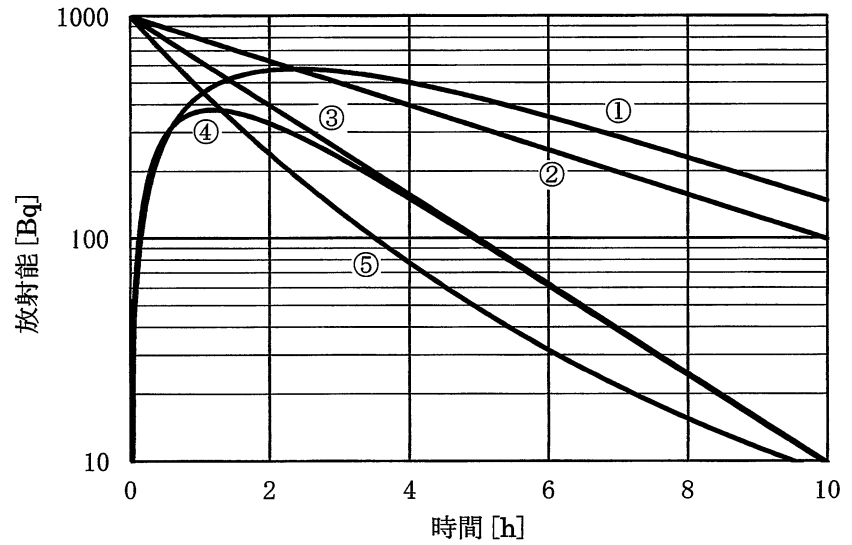
問7 次の2核種間に永続平衡が成立し得るものとして、正しいものの組合せはどれか。

- A ^{68}Ge ^{68}Ga
- B ^{90}Sr ^{90}Y
- C ^{137}I ^{137}Cs
- D ^{226}Ra ^{222}Rn
- E ^{241}Am ^{237}Np

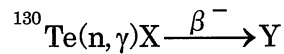
- 1 ABCのみ
- 2 ABDのみ
- 3 ACEのみ
- 4 BDEのみ
- 5 CDEのみ

問 8 半減期3 hの核種Aから半減期1 hの核種Bが生成する。はじめに核種Aのみが1,000 Bq存在していたとき、AとBの放射能の時間変化を表すグラフは以下のどれか。

- | | A | B |
|---|---|---|
| 1 | ② | ① |
| 2 | ③ | ④ |
| 3 | ⑤ | ④ |
| 4 | ③ | ① |
| 5 | ② | ④ |



問 9 下の核反応によって生成する核種 X の壊変でつくられる核種 Y は、次のうちどれか。



- | | | | | | | | | | |
|---|---------------------|---|--------------------|---|---------------------|---|--------------------|---|---------------------|
| 1 | ${}^{130}\text{Sb}$ | 2 | ${}^{130}\text{I}$ | 3 | ${}^{131}\text{Te}$ | 4 | ${}^{131}\text{I}$ | 5 | ${}^{131}\text{Xe}$ |
|---|---------------------|---|--------------------|---|---------------------|---|--------------------|---|---------------------|

問 10 次の核反応のうち、 ${}^{18}\text{F}$ を直接生成する正しいものの組合せはどれか。

- | | | | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|---|-------|---|-------|---|-------|---|-------|
| A | ${}^{14}\text{N}(\alpha, n)$ | | | | | | | | |
| B | ${}^{16}\text{O}({}^3\text{He}, p)$ | | | | | | | | |
| C | ${}^{16}\text{O}(d, n)$ | | | | | | | | |
| D | ${}^{18}\text{O}(p, n)$ | | | | | | | | |
| E | ${}^{20}\text{Ne}(d, \alpha)$ | | | | | | | | |
| 1 | ABCのみ | 2 | ABDのみ | 3 | ACEのみ | 4 | BDEのみ | 5 | CDEのみ |

問11 核分裂に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ^{238}U は高速中性子で核分裂する。
- B 外部からエネルギーを与えられて起こる核分裂を誘導核分裂とよぶ。
- C 熱中性子による ^{235}U の核分裂において、核分裂生成物の質量収率曲線では、ピークは1つである。
- D 熱中性子による ^{235}U の核分裂では1分裂当たり平均4個の中性子が放出される。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問12 ランタノイド元素とアクチノイド元素に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ランタノイド元素には、安定核種のない元素がある。
- B ランタノイド元素には、単核種元素がない。
- C すべてのアクチノイド元素は、放射性である。
- D すべてのアクチノイド元素は、3価の状態が最も安定である。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問13 放射性元素の化学的性質に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- | 放射性元素 | 化学的性質 |
|----------|-------------------|
| A テクネチウム | 安定なオキシ酸イオンを形成する。 |
| B ラドン | 大気中では単原子の状態である。 |
| C フランシウム | 1族元素のセシウムと類似している。 |
| D ラジウム | 硫酸塩は不安定で分解し易い。 |
| E ウラン | 水溶液では5価が安定である。 |

- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACEのみ 4 BDEのみ 5 CDEのみ

問14 ヨウ素に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A I^- を含む水溶液中に Ag^+ を加えると難溶性塩が生じる。
- B 安定な核種は ^{127}I のみである。
- C ^{131}I は甲状腺機能亢進症の内用療法に利用されている。
- D I^- を I_2 に酸化することで、水溶液中のヨウ素がクロロホルムに抽出される。

- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問15 トリチウム(T)に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 海水中では主にHTOとして存在している。
- B トリチウムの測定では主に液体シンチレーションカウンタが用いられる。
- C T_2O の沸点は H_2O に比べて高い。
- D 最大エネルギー18.6 keVの β^- 線が放出される。

1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問16 炭素とその同位体に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 炭素の原子量は正確に12である。
- B ^{11}C -メチオニンがPETに使われる。
- C ^{13}C の半減期は12.3年である。
- D 地球上の ^{14}C は、主として大気上層部において(n, p)反応で生成する。

1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問17 次の記述のうち、 ^{90}Sr と ^{137}Cs の両者に当てはまるものとして、正しいものの組合せはどれか。

- A 熱中性子による ^{235}U の核分裂反応によって生成する。
- B β^- 壊変核種である。
- C アルカリ土類金属元素である。
- D 人体に取り込まれると甲状腺に集積しやすい。

1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問18 次の分析の目的、利用する計測装置および計測対象核種として、正しいものの組合せはどれか。

分析目的	計測装置	計測対象核種
A 文化財に使われている木材の年代測定	加速器質量分析装置	^{14}C
B 土壌中の安定セシウムの放射化分析	NaI(Tl)検出器	^{137}Cs
C ^{151}Eu のアクチバブルトレーサー利用	Ge検出器	^{152}Eu
D 岩石中のウラン同位体の放射平衡	蛍光X線分析装置	^{238}U と ^{234}U
E ^{32}P -標識化合物水溶液のチェレンコフ光測定	GM管式検出器	^{32}P

1 AとB 2 AとC 3 BとD 4 CとE 5 DとE

問19 次の ^{14}C 標識化合物のうち、蒸気圧が高く揮発性が最も大きいものはどれか。

- 1 四塩化炭素
- 2 エタノール
- 3 酢酸
- 4 ジエチルエーテル
- 5 アセトン

問20 次の実験操作のうち、放射性気体を発生するものの組合せはどれか。

- A ^3H]NH₄Cl水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加える。
- B ^{14}C]BaCO₃に塩酸を加える。
- C ^{131}I]KI水溶液にNa₂SO₃水溶液を加える。
- D ^{32}P]Na₃PO₄水溶液に塩酸を加える。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとD 5 CとD

問21 ラジオコロイドに関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 直径1~100 nm程度の粒子である。
- B アルカリ性溶液で生じやすい。
- C ガラス容器の壁に吸着されない。
- D 溶液中に存在する不純物粒子に吸着しやすい。

1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問22 放射性核種の化学分離に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ^{90}Sr と ^{137}Cs を含む希塩酸水溶液を陽イオン交換樹脂のカラムに通すと、 ^{90}Sr の方が樹脂に強く吸着する。
- B 担体を含む ^{140}Ba 水溶液に希硫酸を加えると沈殿を生成する。
- C 非放射性的の CrO_4^{2-} は $^{51}\text{Cr}^{3+}$ を化学分離する際の担体として用いられる。
- D $0.1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 塩酸水溶液中に溶存している ^{90}Sr - ^{90}Y の混合試料からジ(2-エチルヘキシル)リン酸の20%トルエン溶液を用いて溶媒抽出をおこなうと ^{90}Y が有機相に抽出される。

1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問23 ^{14}C と ^3H で標識された少量の有機化合物を完全燃焼させて発生した気体を、まず①塩化カルシウム管を通し、次いで②ソーダ石灰管($\text{NaOH} + \text{Ca}(\text{OH})_2$)に通した。①と②に捕集されるラジオアイソトープ(RI)の組合せは、次のうちどれか。

①で捕集されるRI ②で捕集されるRI

- | | | |
|---|--------------------------------|--------------------------------|
| 1 | ^3H と ^{14}C | なし |
| 2 | ^{14}C | ^3H |
| 3 | ^3H | ^{14}C |
| 4 | ^3H と ^{14}C | ^3H |
| 5 | なし | ^{14}C と ^3H |

問24 γ 線スペクトロメトリーによる放射能測定についての次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A トレーサビリティの確保のために個々の測定装置について国家標準で校正しなければならない。
- B 放射能既知の体積線源と同一形状の容器に測定試料を封入して幾何学的影響を打ち消す。
- C マリネリ容器に試料を入れて測定することで、高い計数効率での測定が可能となる。
- D 放射能標準物質の測定を定期的を実施することで分析値の品質を管理する。

1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問25 定量目的化合物A (重量 W_x) に、Aと化学的に同一な標識化合物A* (重量 W_1 、比放射能 S_1) を加え十分に混合する。この混合物から目的化合物の一部 (重量 W_2) を純粋に分離し、その比放射能 (S_2) を求めた。未知量 W_x を示す式として正しいものは次のうちどれか。

1 $\left(\frac{S_1}{S_2}-1\right)W_1$

2 $\left(\frac{S_1}{S_2}+1\right)W_1$

3 $\left(\frac{S_2}{S_1}-1\right)W_2$

4 $\left(\frac{S_2}{S_1}+1\right)W_1$

5 $\left(\frac{S_1}{S_2}-1\right)(W_1+W_2)$

問26 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 加速器質量分析(AMS)は、短半減期の放射性核種の分析に用いられる。
- B 中性子即発 γ 線分析(PGA)は、中性子放射化分析では定量が困難なHやBなどの元素の分析に有効である。
- C 荷電粒子励起X線分析(PIXE)は、試料の放射化を利用する。
- D 荷電粒子放射化分析(CPAA)は、CやOなどの軽元素の分析に有効である。

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問27 (n, γ) 反応で生成した原子核の最大反跳エネルギー E_R [eV] は、 M [u] を反跳原子の質量、 E [MeV] を即発 γ 線の全エネルギーとすると、 $537 E^2/M$ である。 $^{37}\text{Cl}(n, \gamma)^{38}\text{Cl}$ で生成した ^{38}Cl 原子の E_R [eV] として最も適当な値は、次のうちどれか。ただし、エネルギー質量等価式から $1 \text{ u} = 931.478 \text{ MeV}$ の関係が成り立ち、中性子、 ^{37}Cl 、 ^{38}Cl の質量 [u] はそれぞれ 1.008982、36.97762、37.98004 とする。

- 1 6.11 2 12.2 3 87.2 4 174 5 527

問28 硫酸セリウム(IV)の硫酸溶液10 gに ^{60}Co からの γ 線を30分間照射したところ、Ce(III)が生成した。この反応のG値を2.5とすると、生成したCe(III)の量から吸収線量は24 Gyとなった。生成したCe(III)の質量 [g] に最も近い値は次のうちどれか。なお、セリウムの原子量は140、1 eVは $1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ とする。

- 1 1×10^{-6} 2 3×10^{-6} 3 9×10^{-6} 4 3×10^{-5} 5 9×10^{-5}

問29 水に放射線を照射後、約 10^{-12} 秒以内に生成する化学種として正しいものの組合せは、次のうちどれか。

- A H_2O_2
 B OH^-
 C $\cdot\text{OH}$
 D H_3O^+
 E 水和電子

- 1 ABDのみ 2 ABEのみ 3 ACDのみ 4 BCEのみ 5 CDEのみ

問30 イメージングプレート(IP)に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ^3H の検出には用いられない。
 B α 線に対しても高い感度を有する。
 C 放射線量と画像の強度(濃度)が比例関係となるダイナミックレンジが広い。
 D IP 表面には放射線を受けて即座に発光する輝尽性蛍光体が塗布されている。
 E IPに残った情報を消去するときは波長 800 nm の光を用いる。

- 1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとE 5 DとE

問31 次の I、II の文章の [] の部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答えを1つだけ選べ。

I ^{65}Cu [A] ^{65}Zn 反応による ^{65}Zn トレーサーの製造を、沈殿分離法を用いて行なうこととした。荷電粒子による照射時の標的物質の安定性や照射後の迅速な化学操作を考慮して、標的物質は金属 Cu 箔を選択した。照射後、金属 Cu 箔は酸化力の強い [B] で溶解した。溶解後の水溶液を蒸発乾固して、 $0.3 \text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ の塩酸に溶解した。この塩酸溶液に硫化水素を通じると [C] が沈殿した。生成した沈殿をろ過して、 ^{65}Zn を無担体で得た。

沈殿分離法において、溶液中の陽イオンと陰イオンの濃度をそれぞれ $[\text{M}^{n+}]$ と $[\text{X}^{n-}]$ 、生成する塩の [D] を K_{sp} とすると、[E] の関係のときに沈殿が生じる。硫化水素を用いる沈殿の生成は、硫化水素を通じる溶液の [F] に影響を受ける。硫化水素は弱酸で 2 段階の電離平衡を示すために、[F] によって溶液中の [G] が大きく変化するためである。

< A の解答群 >

- 1 (α, n) 2 (α, p) 3 (d, p) 4 (p, n) 5 $(p, 2n)$

< B の解答群 >

- 1 酢酸 2 希硝酸 3 塩酸 4 希硫酸 5 フッ化水素酸

< C の解答群 >

- 1 CuSO_4 2 $\text{Cu}(\text{OH})_2$ 3 CuO 4 CuS 5 ZnSO_4
6 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 7 ZnO 8 ZnS

< D の解答群 >

- 1 イオン強度 2 酸解離定数 3 溶解度積 4 反応速度 5 自己イオン解離

< E の解答群 >

- 1 $[\text{M}^{n+}][\text{X}^{n-}] < K_{\text{sp}}$ 2 $\frac{[\text{M}^{n+}][\text{X}^{n-}]}{[\text{M}^{n+}] + [\text{X}^{n-}]} < K_{\text{sp}}$
3 $\log([\text{M}^{n+}][\text{X}^{n-}]) < K_{\text{sp}}$ 4 $[\text{M}^{n+}]^{n+1}[\text{X}^{n-}]^{n-1} < K_{\text{sp}}$
5 $[\text{M}^{n+}][\text{X}^{n-}] > K_{\text{sp}}$ 6 $\frac{[\text{M}^{n+}][\text{X}^{n-}]}{[\text{M}^{n+}] + [\text{X}^{n-}]} > K_{\text{sp}}$
7 $\log([\text{M}^{n+}][\text{X}^{n-}]) > K_{\text{sp}}$ 8 $[\text{M}^{n+}]^{n+1}[\text{X}^{n-}]^{n-1} > K_{\text{sp}}$

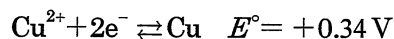
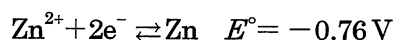
< F の解答群 >

- 1 双極子モーメント 2 比熱 3 pH 4 粘性 5 表面張力

< G の解答群 >

- 1 $[\text{S}^{2-}]$ 2 $[\text{SO}_4^{2-}]$ 3 $[\text{OH}^-]$ 4 $[\text{O}^{2-}]$ 5 $[\text{Cl}^-]$

II 沈殿分離法の他に、様々なRIの化学分離法がある。 $^{64}\text{Cu}^{2+}$ と $^{65}\text{Zn}^{2+}$ およびそれぞれの担体を含む希塩酸水溶液Xを考える。溶液Xに錆のついていない鉄片を入れると、鉄片の表面には 。溶液Xの電気分解を行なうと、 Cu^{2+}/Cu と Zn^{2+}/Zn それぞれの標準電極電位 E° [V(25°C)]は、



より、 Cu^{2+} の方が Cuを析出させることができる。

溶液Xに $9 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 塩酸を加えると、金属イオンは 錯イオンを形成する。この塩酸溶液を カラムに通した後に $2.5 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 塩酸を流すと、 Cu^{2+} は溶出するが Zn^{2+} はカラムに吸着したまま残るので、 $^{64}\text{Cu}^{2+}$ と $^{65}\text{Zn}^{2+}$ を分離することができる。

錯形成剤を使って金属イオンを電氣的に中性な金属錯体に変えて、有機溶媒に抽出する溶媒抽出法がある。オキシシン(8-キノリノール)を含む と $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 程度の塩酸酸性に調製した溶液Xを分液漏斗に入れて十分に振とうする。 Cu^{2+} は、オキシシンと電荷をもたない中性の錯体を生成するので有機相へ抽出される。溶媒抽出における有機相と水相間の分配平衡は、分配比 D や抽出率 E を用いて表される。例えば、オキシシンを含む を用いた溶媒抽出でのCuの分配比 D を20とする。溶液X 10 mLに10 MBqの ^{64}Cu が含まれているとして、同じ容量の有機相を加えて1回の抽出を行なった。水相に残る ^{64}Cu の放射能は MBqとなる。

<Hの解答群>

- | | |
|-----------------|-----------|
| 1 Cuが析出する | 2 Znが析出する |
| 3 CuとZnの両方が析出する | 4 何も析出しない |

<Iの解答群>

- | | |
|----------------|----------------|
| 1 還元されやすいので陽極に | 2 酸化されやすいので陽極に |
| 3 還元されやすいので陰極に | 4 酸化されやすいので陰極に |

<Jの解答群>

- | | |
|--------------|--------------|
| 1 アクア (アコ) | 2 クロリド (クロロ) |
| 3 シアニド (シアノ) | 4 アンミン |
| 5 ヒドロキシド | |

<Kの解答群>

- | | |
|----------------|---------------|
| 1 モレキュラーシーブ | 2 強酸性陽イオン交換樹脂 |
| 3 多孔質シリカゲル | 4 アルミナ |
| 5 強塩基性陰イオン交換樹脂 | |

<Lの解答群>

- | | |
|-------------|---------------|
| 1 アセトン | 2 ジオキサン |
| 3 エチレングリコール | 4 イソプロピルアルコール |
| 5 クロロホルム | |

<Mの解答群>

1 1×10^{-3}

2 1×10^{-1}

3 1

4 5

5 10

<アの解答群>

1 9.6×10^{-2}

2 4.8×10^{-1}

3 9.6×10^{-1}

4 4.8

5 9.6

問32 次の I、II の文章の□の部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答を1つだけ選べ。

I 機器中性子放射化分析法(INAA)は、試料を研究用原子炉中で中性子照射し、主として(n, γ)反応により生成した放射性核種からの γ 線を測定し、元素分析する方法である。(n, γ)反応では、標的核と生成核の□ A は等しいので、 γ 線エネルギーから生成した放射性核種を同定し、定性分析ができる。また、 γ 線計数率から定量分析ができる。一般に中性子と γ 線はともに試料での透過率が大きい。そのため、試料全体を均一に中性子で照射することができ、また、照射した試料内部からの γ 線も試料外に放出されるので、 γ 線をエネルギー分解能の良い□ B で測定するINAAは、試料全体の平均濃度を求める□ C 分析法である。

核反応により生成した放射性核種を□ B で測定を開始したときの、その核種からのエネルギー E の γ 線の計数率 (R) は、次式により計算できる。

$$R = N\phi\sigma(1 - e^{-\lambda T_i}) \square D \quad (1)$$

ここで、 N は標的核の原子数、 ϕ は中性子束密度、 σ は核反応断面積、 λ は放射性核種の壊変定数、 T_i は照射時間、 T_c は照射終了から測定開始までの経過時間(冷却時間)、 r はエネルギー E の γ 線放出率、 ϵ はエネルギー E での検出器の計数効率である。(1)式中の $(1 - e^{-\lambda T_i})$ は□ E と呼ばれ、 T_i が放射性核種の半減期の2倍と等しいとき、 $(1 - e^{-\lambda T_i})$ は□ F となる。

分析試料と既知量(N' とする)の元素を含む試料(標準試料と呼ぶ)を同時に中性子照射し、両試料を同一の検出器により同条件で測定することにより、それぞれの試料で目的元素から生成した放射性核種の計数率を比較して元素を定量することができる。

岩石試料中のアルミニウムを定量する場合、 ^{28}Al (半減期2分)からの1,779 keVの γ 線を測定する。原子炉中には様々なエネルギーの中性子が存在するが、(n, γ)反応は主として熱中性子によって生じ、熱中性子捕獲断面積は、多くの核種において□ G 。速中性子では、(n, γ)反応以外の核反応も生じる。例えば、岩石試料中のケイ素から $^{28}_{14}\text{Si}$ □ H 反応により $^{28}_{13}\text{Al}$ が生成する。この核反応のQ値は□ ア MeVであるので、この反応を起こすためには4.0 MeV以上のエネルギーを持つ中性子が必要である。 $^{28}_{14}\text{Si}$ □ H 反応は、Al定量の妨害反応であり、例えば岩石試料での正確なAl定量には、この反応の寄与の補正が必要である。

< A の解答群 >

- 1 質量数 2 中性子数 3 原子番号 4 励起エネルギー 5 壊変形式

< B の解答群 >

- 1 GM 計数管 2 比例計数管
3 NaI(Tl)シンチレーション検出器 4 Ge半導体検出器
5 Si 表面障壁型半導体検出器

< Cの解答群 >

- 1 破壊単元素 2 破壊多元素同時 3 非破壊単元素 4 非破壊多元素同時

< Dの解答群 >

- 1 $r\epsilon e^{\lambda T_c}$ 2 $\frac{r e^{\lambda T_c}}{\epsilon}$ 3 $\frac{\epsilon e^{\lambda T_c}}{r}$ 4 $\frac{e^{\lambda T_c}}{r\epsilon}$
- 5 $r\epsilon e^{-\lambda T_c}$ 6 $\frac{r e^{-\lambda T_c}}{\epsilon}$ 7 $\frac{\epsilon e^{-\lambda T_c}}{r}$ 8 $\frac{e^{-\lambda T_c}}{r\epsilon}$

< Eの解答群 >

- 1 壊変係数 2 飽和係数 3 減衰係数 4 成長係数 5 積分係数
- 6 微分係数

< Fの解答群 >

- 1 $\frac{1}{4}$ 2 $\frac{1}{3}$ 3 $\frac{1}{2}$ 4 $\frac{2}{3}$ 5 $\frac{3}{4}$
- 6 1

< Gの解答群 >

- 1 中性子エネルギーに比例する 2 中性子エネルギーに反比例する
- 3 中性子速度に比例する 4 中性子速度に反比例する

< Hの解答群 >

- 1 (n, α) 2 (n, 2n) 3 (n, p) 4 (n, pn) 5 (n, d)

< アの解答群 >

- 1 -4.8 2 -3.9 3 -2.2 4 0 5 2.2
- 6 3.9 7 4.8

II 電子加速器で発生した制動放射線を照射し、主に 反応により生成した放射性核種を利用する放射化分析法を光量子放射化分析法と呼ぶ。この方法での臭素の定量には、 ^{81}Br $^{80\text{m}}\text{Br}$ 反応を利用することができる。 $^{80\text{m}}\text{Br}$ は半減期4.4時間で核異性体転移により、半減期18分の ^{80}Br となる。 $^{80\text{m}}\text{Br}$ が放出する γ 線のエネルギーは50 keV未満であるため、 での測定は困難であるが、かわりに ^{80}Br の γ 線(617 keV)を測定することができる。617 keV γ 線の計数率は、照射後しばらくは時間とともに増加するので、照射終了 分後以降の両核種が の状態であるときに試料を測定すると良い。この状態の時、 ^{80}Br の計数率は半減期 分で減少していくので、定量のための計算が簡単になる。なお、この時、 $^{80\text{m}}\text{Br}$ と ^{80}Br の放射能は、次の関係にある。

$$\frac{A_{80}}{A_{80\text{m}}} = \text{} = \text{}$$

ここで、 A_{80} と $A_{80\text{m}}$ は ^{80}Br と $^{80\text{m}}\text{Br}$ の放射能、 λ_{80} と $\lambda_{80\text{m}}$ は ^{80}Br と $^{80\text{m}}\text{Br}$ の壊変定数である。

< I の解答群 >

- | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|---|------------------|---|-----------------|---|-----------------|---|-------------------------|
| 1 | (γ , n) | 2 | (γ , 2n) | 3 | (γ , p) | 4 | (γ , d) | 5 | (γ , α) |
|---|-----------------|---|------------------|---|-----------------|---|-----------------|---|-------------------------|

< イ の解答群 >

- | | | | | | | | | | |
|---|----|---|----|---|----|---|----|---|-----|
| 1 | 18 | 2 | 36 | 3 | 54 | 4 | 75 | 5 | 180 |
|---|----|---|----|---|----|---|----|---|-----|

< J の解答群 >

- | | | | | | | | |
|---|------|---|------|---|------|---|------|
| 1 | 過渡平衡 | 2 | 永続平衡 | 3 | 同放射能 | 4 | 同原子数 |
|---|------|---|------|---|------|---|------|

< ウ の解答群 >

- | | | | | | | | | | |
|---|------|---|----|---|-----|---|-----|---|-----|
| 1 | 15 | 2 | 18 | 3 | 246 | 4 | 264 | 5 | 282 |
| 6 | 4752 | | | | | | | | |

< K の解答群 >

- | | | | | | | | |
|---|--|---|--|---|---|---|------------------------------------|
| 1 | $\frac{\lambda_{80\text{m}}}{\lambda_{80} - \lambda_{80\text{m}}}$ | 2 | $\frac{\lambda_{80}}{\lambda_{80} - \lambda_{80\text{m}}}$ | 3 | $\frac{\lambda_{80\text{m}}}{\lambda_{80}}$ | 4 | $\lambda_{80}\lambda_{80\text{m}}$ |
| 5 | $e^{\lambda_{80} - \lambda_{80\text{m}}}$ | 6 | $e^{\lambda_{80} + \lambda_{80\text{m}}}$ | 7 | $e^{\lambda_{80}\lambda_{80\text{m}}}$ | | |

< エ の解答群 >

- | | | | | | | | | | |
|---|---------|---|-------|---|-------|---|-----|---|-----|
| 1 | 0.00011 | 2 | 0.068 | 3 | 0.073 | 4 | 1.0 | 5 | 1.1 |
| 6 | 1.5 | 7 | 2.0 | | | | | | |