

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）（14ページ）

3 注意事項：

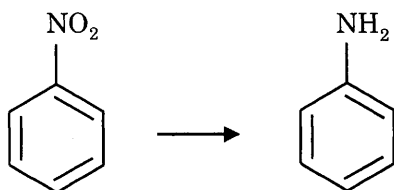
- ① 机の上に出してよいものは、受験票、鉛筆又はシャープペンシル（HB又はB）、鉛筆削り、消しゴム、時計（計算機能・通信機能・辞書機能等の付いた時計は不可）に限ります。
- ② 計算機（電卓）、定規及び下敷きの使用は認めません。
- ③ 不正行為等を防止するため、携帯電話等の通信機器は、必ず、電源を切ってカバン等の中にしまってください。
- ④ 問題用紙の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁又は解答用紙の汚れなどに気付いた場合は、手を挙げて試験監督員に知らせてください。なお、試験問題の内容に関する質問にはお答えできません。
- ⑤ 試験終了の合図があったら、ただちに筆記用具を置いてください。
なお、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 比放射能が $370 \text{ kBq}\cdot\text{g}^{-1}$ の ^{14}C ニトロベンゼンを亜鉛で還元して ^{14}C アニリンを合成した(図)。生成した ^{14}C アニリンの比放射能 $[\text{kBq}\cdot\text{g}^{-1}]$ として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、ニトロベンゼンとアニリンの分子量はそれぞれ123と93、収率は70%とする。



- 1 190 2 270 3 340 4 490 5 700

問2 次の逐次壊変において、核種Ⅰと核種Ⅱが放射平衡となりうるものの組合せはどれか。ただし、()内は半減期と壊変形式を示す。

核種Ⅰ	→	核種Ⅱ	→
A ^{42}Ar (32.9年、 β^-)	→	^{42}K (12.4時間、 β^-)	→
B ^{55}Co (17.5時間、EC、 β^+)	→	^{55}Fe (2.77年、EC)	→
C ^{68}Ge (271日、EC)	→	^{68}Ga (67.8分、EC、 β^+)	→
D ^{87}Y (79.8時間、EC、 β^+)	→	$^{87\text{m}}\text{Sr}$ (2.82時間、IT、EC)	→
E ^{125}Xe (16.9時間、EC、 β^+)	→	^{125}I (59.4日、EC)	→

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

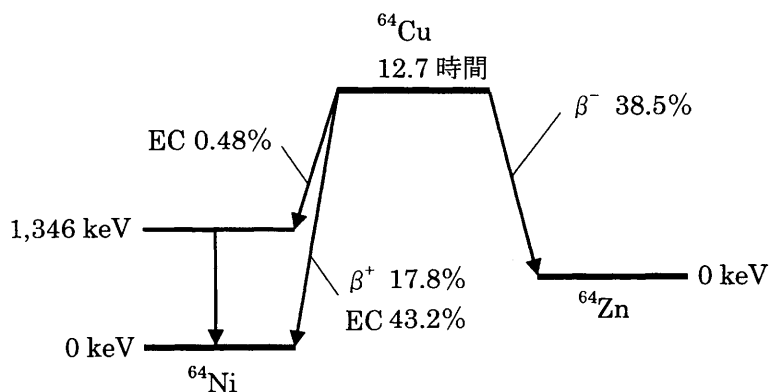
問3 放射性核種Aから放射性核種Bが生成し、両者は過渡平衡の関係になる。次の記述のうち、正しいものはどれか。ただし、最初は放射性核種Aのみであったとする。

- 1 核種Bの壊変定数は核種Aの壊変定数より小さい。
- 2 核種Bの放射能が核種Aの放射能と等しくなることはない。
- 3 過渡平衡に達すると、核種Bの放射能は核種Aの放射能より常に小さい。
- 4 過渡平衡に達すると、核種Bも核種Aも核種Aの半減期で減衰する。
- 5 核種Bの放射能が最大となるとき、核種Aと核種Bの放射能の和も最大となる。

問4 1 GBq の ^{140}Ba (半減期 13 日) の質量[g]は、これと過渡平衡にある ^{140}La (半減期 40 時間) の質量[g]の何倍か。次のうち最も近い値はどれか。

- 1 0.15 2 0.75 3 1.6 4 3.3 5 6.8

問5 図に ^{64}Cu (半減期 12.7 時間) の壊変図式が示されている。 ^{64}Cu 線源の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。



- A 壊変してできる ^{64}Ni と ^{64}Zn の数の比はおおよそ 2:3 である。
 B Ni の X 線が放出される。
 C β^- 壊変に伴って 1,346 keV の γ 線が放出される。
 D 511 keV の光子が観測される。
 E β^- 線を測定すると、その計数率は半減期 33 時間で減衰する。

- 1 A と B 2 A と C 3 B と D 4 C と E 5 D と E

問6 次の核反応のうち、貴ガス (希ガス) の同位体を生成するものの組合せはどれか。

- A $^{18}\text{O}(p, n)$
 B $^{19}\text{F}(\alpha, pn)$
 C $^{20}\text{Ne}(n, p)$
 D $^{23}\text{Na}(p, \alpha)$
 E $^{24}\text{Mg}(\gamma, n)$

- 1 A と B 2 A と E 3 B と D 4 C と D 5 C と E

問7 ある岩石に含まれる金の濃度を求めるために、熱中性子放射化分析を行った。5 gの岩石と標準試料の金箔8.5 μg のそれぞれを化学処理して、2つの照射試料を作った。2つの照射試料をひとつの中性子照射用カプセルに詰めて中性子照射をした。照射終了してから2.7日経過後に、それぞれの照射試料について、中性子捕獲反応で生成した ^{198}Au （半減期2.7日）の γ 線（412 keV）をGe半導体検出器で続けて測定した。岩石試料では360秒間の測定で4,680カウント、標準試料では60秒間の測定で12,600カウントであった。この岩石中の金の濃度 $[\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}]$ として最も近い値は次のうちどれか。ただし、 ^{197}Au の天然同位体存在度は100%、化学処理の収率は岩石試料と標準試料ともに100%とし、カウント数はバックグラウンドを差し引いた値である。

- 1 0.049 2 0.11 3 0.27 4 0.53 5 1.3

問8 次のうち、単核種元素を含んでいないものの組合せはどれか。

- 1 H C Na
2 He N Mg
3 Li O Al
4 Be F Si
5 B Ne P

問9 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 ^{123}I は ^{235}U の核分裂生成物である。
B ^{125}I はラジオイムノアッセイに利用されている。
C ^{127}I は安定同位体である。
D ^{129}I はサイクロトロンで製造されている。
E ^{131}I は甲状腺機能亢進症の内用療法に利用されている。

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

問10 β^+ 又はEC壊変をする核種、安定な核種、 β^- 壊変をする核種として正しいものの組合せは次のうちどれか。ただし、準安定状態のものは考慮しない。

	β^+ 又はEC	安定	β^-		
A	^{54}Mn	^{55}Mn	^{56}Mn		
B	^{54}Fe	^{55}Fe	^{56}Fe		
C	^{58}Co	^{59}Co	^{60}Co		
D	^{64}Zn	^{65}Zn	^{66}Zn		
1	AとB	2 AとC	3 AとD	4 BとD	5 CとD

問11 トリチウム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 1日でトリチウムの約100分の1が壊変する。
 - B 核融合炉の燃料としての利用が研究されている。
 - C 地球上では、宇宙線による生成と、壊変による減衰が平衡し、常に約1TBqが存在する。
 - D トリチウム水の測定では液体シンチレーションカウンタが用いられる。
 - E 天然ガス中のメタンにはほとんど含まれない。
- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACEのみ 4 BDEのみ 5 CDEのみ

問12 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ^{45}Sc はスカンジウムの唯一の安定核種である。
 - B ^{90}Y の β 壊変で生成する ^{90}Zr は γ 線を放出する。
 - C ^{147}Pm からの γ 線は厚さ計に利用される。
 - D ^{225}Ac からの β 線はがん治療に利用される。
 - E ^{241}Am -Be線源は中性子源として利用される。
- 1 AとD 2 AとE 3 BとC 4 BとE 5 CとD

問13 次の壊変系列を作る核種のうち、 α 線放出核種の組合せはどれか。

A ^{234}U

B ^{233}U

C ^{230}Th

D ^{228}Ra

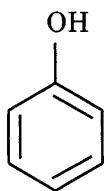
- 1 ABCのみ 2 ABのみ 3 ADのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問14 環境放射能分析に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

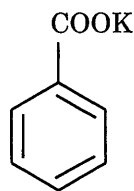
- 1 水中の ^3H の濃縮には溶媒抽出の際の同位体効果を利用する。
- 2 貝殻中の ^{14}C の加速器質量分析では ^{14}C をまずメタンガスとして単離する。
- 3 大気中の ^{85}Kr は塩化カルシウムに吸着させて濃縮できる。
- 4 ^{90}Sr とその娘核種 ^{90}Y の放射平衡の成立を待って、 ^{90}Y の β 線を測定することで ^{90}Sr の放射能を求める。
- 5 ウラン系列で放射平衡が成立している場合、 ^{208}Tl の γ 線測定から ^{238}U を定量することができる。

問15 次の操作のうち、化学反応によって放射性の気体が発生するものはどれか。

- 1 酢酸に $\text{K}_2^{14}\text{CO}_3$ を加える。
- 2 塩酸に $\text{Mg}^{35}\text{SO}_4$ を加える。
- 3 硫酸に $^{22}\text{NaCl}$ を加える。
- 4 希硝酸に $^{45}\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ を加える。
- 5 フェノールに ^{14}C 安息香酸カリウムを加える。なお、構造式は次のとおり。



フェノール



安息香酸カリウム

問16 次の文章の ～ に入るイオンとして、最も適切な組合せは次のうちどれか。

それぞれ担体を含む $^{45}\text{Ca}^{2+}$ 、 $^{67}\text{Cu}^{2+}$ 、 $^{84}\text{Rb}^+$ 、 $^{203}\text{Hg}^{2+}$ の水溶液に以下の操作を行った。塩化ナトリウム (NaCl) 水溶液を加えると が沈殿した。 を分離した後、硫化ナトリウム (Na_2S) 水溶液を加えると が沈殿した。さらに を分離した後、フッ化ナトリウム (NaF) 水溶液を加えると が沈殿した。 の沈殿を分離した水溶液に が残った。

	ア	イ	ウ	エ
1	$^{45}\text{Ca}^{2+}$	$^{203}\text{Hg}^{2+}$	$^{67}\text{Cu}^{2+}$	$^{84}\text{Rb}^+$
2	$^{203}\text{Hg}^{2+}$	$^{84}\text{Rb}^+$	$^{67}\text{Cu}^{2+}$	$^{45}\text{Ca}^{2+}$
3	$^{203}\text{Hg}^{2+}$	$^{67}\text{Cu}^{2+}$	$^{45}\text{Ca}^{2+}$	$^{84}\text{Rb}^+$
4	$^{45}\text{Ca}^{2+}$	$^{67}\text{Cu}^{2+}$	$^{84}\text{Rb}^+$	$^{203}\text{Hg}^{2+}$
5	$^{67}\text{Cu}^{2+}$	$^{84}\text{Rb}^+$	$^{203}\text{Hg}^{2+}$	$^{45}\text{Ca}^{2+}$

問17 次の文章の ～ に入るイオンとして、最も適切な組合せは次のうちどれか。

それぞれ担体を含む $^{58}\text{Co}^{2+}$ 、 $^{59}\text{Fe}^{3+}$ 、 $^{57}\text{Ni}^{2+}$ 、 $^{65}\text{Zn}^{2+}$ の濃塩酸溶液がある。この溶液を、強塩基性陰イオン交換樹脂を充填したカラムに流したところ、 が溶離した。次に、4 M 塩酸をカラムに流すと、 が溶離した。さらに、0.5 M 塩酸をカラムに流すと、 が溶離した。カラムには が残った。ただし、1 M = $1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ である。

	ア	イ	ウ	エ
1	$^{58}\text{Co}^{2+}$	$^{59}\text{Fe}^{3+}$	$^{57}\text{Ni}^{2+}$	$^{65}\text{Zn}^{2+}$
2	$^{65}\text{Zn}^{2+}$	$^{58}\text{Co}^{2+}$	$^{57}\text{Ni}^{2+}$	$^{59}\text{Fe}^{3+}$
3	$^{59}\text{Fe}^{3+}$	$^{58}\text{Co}^{2+}$	$^{65}\text{Zn}^{2+}$	$^{57}\text{Ni}^{2+}$
4	$^{57}\text{Ni}^{2+}$	$^{65}\text{Zn}^{2+}$	$^{59}\text{Fe}^{3+}$	$^{58}\text{Co}^{2+}$
5	$^{57}\text{Ni}^{2+}$	$^{58}\text{Co}^{2+}$	$^{59}\text{Fe}^{3+}$	$^{65}\text{Zn}^{2+}$

問18 純度 100%のトリチウムガス (${}^3\text{H}_2$) が、アンプルの中に 2.0×10^5 Pa (室温) で封入されている。このアンプルが温度一定のまま 1 半減期経過したとき、アンプル内部の圧力 [Pa] として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、トリチウムは β 壊変し、アンプル中のトリチウムは常にトリチウムガスとして存在する。

- 1 1.5×10^5 2 2.0×10^5 3 2.5×10^5 4 3.0×10^5 5 3.5×10^5

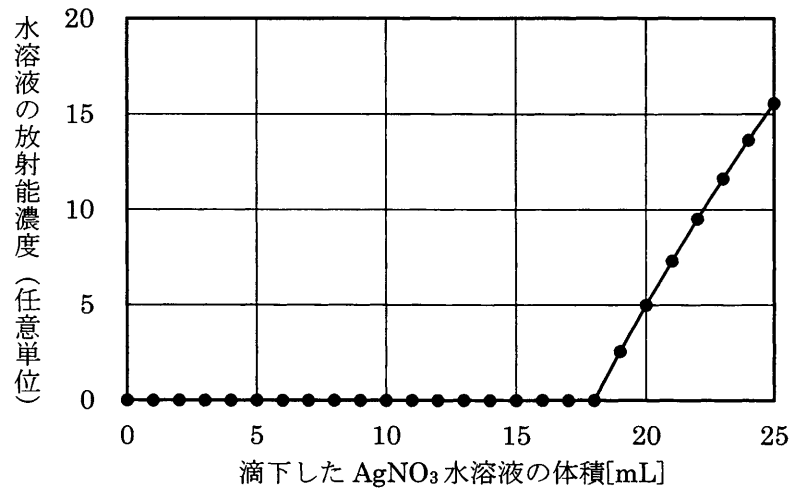
問19 1.0 GBq の ${}^{11}\text{C}$ の質量[g]に最も近い値は、次のうちどれか。ただし ${}^{11}\text{C}$ の壊変定数は $5.7 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ 、アボガドロ数は 6.0×10^{23} とする。

- 1 3.2×10^{-11} 2 1.1×10^{-10} 3 3.8×10^{-10} 4 1.2×10^{-9} 5 8.6×10^{-9}

問20 次の標識化合物の表記とその種類のうち、正しいものの組合せはどれか。

表記	種類				
A [U- ${}^{14}\text{C}$]ロイシン	均一標識化合物				
B [6- ${}^3\text{H}$]ウラシル	特定標識化合物				
C [9,10- ${}^3\text{H}(\text{N})$]オレイン酸	全般標識化合物				
D [G- ${}^3\text{H}$]トリプトファン	名目標識化合物				
1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD					

問21 未知量の塩化物イオンを含む試料水20.0 mLに ^{110m}Ag を含む濃度 1.00×10^{-2} Mの AgNO_3 水溶液を滴下して、放射分析を行ったところ、 AgNO_3 水溶液の滴下量と水溶液の放射能濃度は以下のグラフのようになった。試料水にもともと含まれていた塩化物イオンの濃度[M]に最も近い値は次のうちどれか。ただし、 $1 \text{ M} = 1 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ である。



- 1 3.00×10^{-3} 2 9.00×10^{-3} 3 1.11×10^{-2} 4 3.00×10^{-2} 5 1.11×10^{-1}

問22 液体シンチレーションカウンタ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 測定試料を直接シンチレータに溶かし込むことで幾何学的効率 100% になる。
- B ^{210}Po の放射能測定に利用される。
- C 水溶液試料中の ^3H や ^{14}C はチェレンコフ光を利用して測定できる。
- D 複数の光電子増倍管を用いた同時計数法によりS/N比を向上させている。

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

問23 放射性核種を利用した分析法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 機器中性子放射化分析では、生成核種の γ 線スペクトルを測定して、多元素同時分析を行う。
- B 放射分析では、放射性の試薬又は指示薬を用いる。
- C メスバウアー分光法では、 β 線の散乱を利用して、目的成分の状態分析を行う。
- D 同位体希釈法では、目的成分の定量的分離が必要である。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問24 ある混合物試料の成分Aを、同位体希釈法(直接法)で定量した。試料に成分Aの標識化合物 20 mmol(比放射能 $500 \text{ dpm} \cdot \text{mmol}^{-1}$)を加えて、十分に混合したのち、成分Aを分離した。分離した成分Aの放射能と物質量を測定したところ、それぞれ4,000 dpmと100 mmolであった。もともとの試料中の成分Aの物質量[mmol]として、最も近い値は次のうちどれか。なお、操作中の放射能の減衰はないものとする。

- 1 13 2 40 3 200 4 230 5 250

問25 担体に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- A シラード-チャルマー反応を利用すれば、 (n, γ) 反応によって無担体の放射性核種を製造できる。
 B 放射性核種の分離の際に加える担体は、対象とする核種の同位体に限られる。
 C 無担体の核種の比放射能は核種によって決まる。
 D 担体を加えてもラジオコロイドの生成は防げない。

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

問26 核種とその用途の関係として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

	核種	用途
A	^{11}C	考古遺物の年代測定
B	^{18}F	陽電子放射断層撮影(PET)
C	^{57}Co	ジャガイモの発芽防止
D	^{111}In	蛍光X線分析装置
E	^{55}Mn	アクチバブルトレーサー

- 1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとE 5 DとE

問27 放射線の空気への照射に伴って発生する現象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 α 線によりイオン化されるのは主にアルゴンである。
- B β^+ 線の飛程の終端付近ではポジトロニウムが生成する。
- C γ 線では窒素はイオン化しない。
- D 熱中性子照射では ^{41}Ar が生成する。
- E 陽子 (10 MeV) 照射では β^- 線放出核種が主に生成する。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとD 4 CとE 5 DとE

問28 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 放射線強度に対するIPの発光強度のダイナミックレンジは4桁から5桁におよぶ。
- B 光輝尽性蛍光体 ($\text{BaFBr}:\text{Eu}^{2+}$ や $\text{BaFI}:\text{Eu}^{2+}$ など) が用いられている。
- C α 線は検出できない。
- D 露光から読み取り操作までの時間が長いと、フェーディングの影響を受けやすい。

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

問29 放射線の効果・測定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 W値は、気体の種類にはよらず、放射線のエネルギーに依存する。
- B 水中の4 MeVの α 粒子のLETは、8 MeVの α 粒子のLETに比べて大きい。
- C フリッケ線量計は、放射線照射による Fe^{3+} の還元を利用した化学線量計である。
- D G値は、物質が吸収した放射線のエネルギー100 eVあたりに、その物質で変化を受ける原子や分子種の個数で示される。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問30 放射線照射により 1 MeV のエネルギーを吸収した物質中で、 1×10^6 個の着目する化学種が変化した。このときの放射線化学収量を SI 単位 ($\text{mol} \cdot \text{J}^{-1}$) で表した値として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、 $1 \text{ J} = 6.2 \times 10^{18} \text{ eV}$ とする。

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

問31 次の文章の□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。

あらゆる化合物は元素から作られる。現在、118種類の元素が発見されており、そのうち、金や鉄など9種類は古代から知られていた。新元素発見の歴史は中世まで遡り、メンデレーエフが周期表を発明したころには約60種類の元素が発見されていた。19世紀後半から20世紀前半にかけて、X線、放射能、原子核、同位体が発見された。元素は、安定同位体をもつ元素（安定元素）と安定同位体を持たない元素（放射性元素）に分類される。最も原子番号の大きい安定元素は□Aで、これよりも原子番号の大きい元素はすべて放射性元素である。1925年には、安定元素として最後のレニウムが見つかった。これで1番元素の水素から92番元素の□Bまでのほとんどの元素が発見されたが、放射性元素である□C、プロメチウム、アスタチン、フランシウムは未発見で、これらは□Dと呼ばれてきた。□Cとプロメチウム、及び原子番号が□Bよりも大きな元素は、一般には核反応により製造される人工放射性元素である。しかし、このうちのいくつかの元素はごくわずかであるが天然起源のものも存在することが現在では確認されている。例えば、94番元素プルトニウムは、鉱物中で□Bの□E反応を通して生成することが知られている。

1930年代初期に加速器が開発され、その後、原子核反応により、人工的に放射性核種が合成されるようになった。□F元素の1つである85番元素アスタチンは、サイクロトロンからの32 MeVの α 粒子を照射したビスマスから初めて発見された。すなわち、 $^{209}_{83}\text{Bi}(\alpha, 2n)$ 反応により生成した□アをビスマス標的から化学的に分離後、これから軟X線と、飛程の異なる2種類の α 線とが観測され、これらの計数率はともに半減期7.5時間^(注)で減少することが確認された。さらに、飛程の長い α 線は□アの娘核種が放出すること、X線は84番元素ポロニウムのK-X線であること、ならびに陽電子は放出されていないことが分かった。これらより、□アは□Gをすることが分かった。32 MeVにおける $^{209}\text{Bi}(\alpha, 2n)$ 反応の核反応断面積を800 mbとし、32 MeVの α 粒子を毎秒 2.0×10^{10} 個ですべて $418 \mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2}$ のビスマス標的に□アの半減期と等しい時間照射すると、照射終了時には□イ Bqの□アが生成する。ただし、標的中での α 粒子のエネルギー損失はないものとする。

□H元素の1つであるフランシウムは ^{227}Ac (半減期22年)の α 壊変の娘核種 ^{223}Fr (半減期22分)として初めて発見された。 ^{227}Ac は、□Iに属する□J天然放射性核種で、天然に存在する元素として最後に発見されたのがフランシウムであった。 ^{227}Ac は分岐壊変する核種の1つで、主として β 壊変(分岐比99%)して ^{227}Th (半減期19日)となる。放射平衡にある ^{227}Ac の放射能は、 ^{227}Th の放射能と ^{223}Fr の放射能の和と等しい。このとき、 ^{227}Th の原子数は ^{223}Fr の原子数の□ウ倍となる。

注) 現在、半減期は7.2時間とされている。

< A~Cの解答群 >

- | | | | |
|----------|------------|---------|--------|
| 1 モリブデン | 2 テクネチウム | 3 アンチモン | 4 セシウム |
| 5 金 | 6 鉛 | 7 ラジウム | 8 ウラン |
| 9 プルトニウム | 10 アメリカシウム | | |

<Dの解答群>

- 1 欠員 (欠損) 元素 2 同位元素 3 必須元素 4 同族元素

<Eの解答群>

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

<Fの解答群>

- 1 アルカリ金属 2 アルカリ土類金属 3 ハロゲン
4 貴ガス (希ガス) 5 希土類 6 アクチノイド

<アの解答群>

- 1 ^{200}At 2 ^{201}At 3 ^{203}At 4 ^{205}At 5 ^{207}At
6 ^{208}At 7 ^{209}At 8 ^{210}At 9 ^{211}At 10 ^{212}At
11 ^{213}At 12 ^{214}At 13 ^{215}At

<Gの解答群>

- 1 β^- 壊変と γ 壊変 2 β^- 壊変と β^+ 壊変 3 α 壊変とEC壊変
4 β^- 壊変とEC壊変 5 α 壊変と γ 壊変 6 α 壊変と β^+ 壊変

<イの解答群>

- 1 480 2 960 3 1,920 4 4,800 5 9,600
6 19,200 7 48,000 8 96,000

<Hの解答群>

- 1 アルカリ金属 2 アルカリ土類金属 3 ハロゲン
4 貴ガス (希ガス) 5 希土類 6 アクチノイド

<I、Jの解答群>

- 1 アクチニウム系列 2 ウラン系列 3 ネプツニウム系列
4 トリウム系列 5 一次 6 二次
7 誘導

<ウの解答群>

- 1 8.3×10^{-6} 2 8.3×10^{-2} 3 1.0×10^{-2} 4 1.2×10 5 9.9×10
6 1.2×10^3 7 1.2×10^5 8 1.2×10^8

問32 非密封放射性同位元素の化学分離に関する次の文章の□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。

15族元素のリンは、あらゆる生物の必須元素であり、農業における肥料の主要元素の1つである。リンの主な放射性同位体には、 ^{30}P 、 ^{32}P 、 ^{33}P があげられる。 ^{30}P （半減期 2.50分、 β^+ およびEC壊変）は、1934年に□アに α 線を照射して合成された人類最初の人工放射性核種である。 ^{32}P （半減期□イ日、 β^- 壊変）は、最大エネルギー□A MeVの β 線のみを放出する核種で、ヌクレオチド標識化合物や放射性医薬品など生命科学分野では広く利用されている。 ^{33}P （半減期 25.3日、 β^- 壊変）は、DNAシーケンス決定に使われてきた。 β 線のエネルギーが低いので□ウにより、生体試料における ^{33}P の2次元分布を高い解像度で観測できる。

^{32}P は、硫黄や塩素を中性子照射することで得られる。ここでは、塩素を標的とする場合を考える。塩素には、同位体存在度 75.8%の ^{35}Cl と 24.2%の ^{37}Cl がある。塩化アンモニウム NH_4Cl を標的として中性子で照射すると、 ^{35}Cl からは□B反応により ^{32}P が生成するが、同時に□C反応により ^{35}S （半減期 87.4日、□エ壊変）も生成する。

^{32}P と ^{35}S を分離してそれぞれの無担体溶液を得るためには、共沈法と溶媒抽出法を行う。中性子照射した NH_4Cl を希塩酸に溶かした後、コロイド状の沈殿を作るための□オを加える。溶液を温めた後にアンモニア水を加えると赤褐色の沈殿が生じ、 ^{32}P は酸化数+5のリン酸イオン（化学形□カ）の形で沈殿に吸着される。 ^{35}S は硫酸イオン（化学形□キ）として大部分が上澄み液に残るので、遠心分離で沈殿と上澄み液を分けると、 ^{35}S の無担体溶液が得られる。 ^{32}P は、沈殿を塩酸で溶かした後、 $8\text{ mol}\cdot\text{L}^{-1}$ 溶液として分液漏斗に移す。□クを加えて溶媒抽出すると、 ^{32}P は無担体として水相に残る。 ^{32}P の1gの放射能（比放射能）は□D $\text{MBq}\cdot\text{g}^{-1}$ で、 ^{35}S の比放射能のおおよそ□E倍である。

<アの解答群>

- | | | | | |
|------|------|------|-----|-----|
| 1 Mg | 2 Al | 3 Si | 4 P | 5 S |
|------|------|------|-----|-----|

<イの解答群>

- | | | | | |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1 3.2 | 2 14.3 | 3 27.7 | 4 44.5 | 5 59.4 |
|-------|--------|--------|--------|--------|

<Aの解答群>

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1 0.55 | 2 1.17 | 3 1.39 | 4 1.71 | 5 2.28 |
|--------|--------|--------|--------|--------|

<ウの解答群>

- | | |
|--------------|------------------------|
| 1 PIXE法 | 2 ラジオイムノアッセイ |
| 3 オートラジオグラフィ | 4 シングルフォトン断層撮影 (SPECT) |
| 5 蛍光X線分析 | |

<B、Cの解答群>

- | | | | | |
|--------------------------|-----------|-----------|----------------------|------------------|
| 1 (n, α) | 2 (n, 2n) | 3 (n, 3n) | 4 (n, ^3H) | 5 (n, γ) |
| 6 (n, αn) | 7 (n, d) | 8 (n, pn) | 9 (n, p) | 10 (n, 2p) |

<エの解答群>

- 1 EC 2 IT 3 α 4 β^- 5 β^+

<オの解答群>

- 1 Mg^{2+} 2 Ca^{2+} 3 Fe^{3+} 4 Ag^+ 5 Ba^{2+}

<カ、キの解答群>

- 1 P^{5-} 2 PO_3^- 3 $P_2O_3^-$ 4 PO_4^{2-} 5 PO_4^{3-}
6 S^{2-} 7 SO_3^- 8 $S_2O_3^-$ 9 SO_4^{2-} 10 SO_4^{3-}

<クの解答群>

- 1 プロパノール 2 イソプロピルエーテル 3 アセトン
4 クロロホルム 5 EDTA

<Dの解答群>

- 1 1.2×10^8 2 1.1×10^{10} 3 1.2×10^{12} 4 1.1×10^{14} 5 1.2×10^{16}

<Eの解答群>

- 1 0.16 2 0.48 3 1.1 4 3.5 5 6.7

