

## 物 理 学

## 物理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：13:30～14:45（1時間15分）

2 問題数：30題（10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入れてください。
- 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いただいて結構です。
- ⑦ 不正行為を行った者は、受験を中止させ、退場を命じます。

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、所定の欄以外の余白には、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。

次の各問について、1から5までの5つの選択肢のうち、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** 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ブラッグ・グレイの原理に基づいて  $\alpha$  線の飛程を推定する。
- B フェルミの理論に基づいて  $\beta$  線のエネルギースペクトルを説明する。
- C ラザフォード散乱の理論に基づいて  $\gamma$  線の散乱角を求める。
- D マクスウェル分布に基づいて熱中性子の平均エネルギーを推定する。

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

**問2**  $^{60}\text{Co}$ から放出される1.33 MeV  $\gamma$  線の運動量 [ $\text{kg}\cdot\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ]として、最も近いものは、次のうちどれか。

- 1 0 (運動量を持たない)
- 2  $4.4\times 10^{-23}$
- 3  $2.2\times 10^{-22}$
- 4  $7.1\times 10^{-22}$
- 5  $8.9\times 10^{-22}$

**問3** 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 内部転換が起きると中性子数が1つ減少する。
- B 軌道電子捕獲が起きると質量数が1つ減少する。
- C  $\beta^-$ 壊変が起きると原子番号が1つ増加する。
- D  $\beta^+$ 壊変が起きると中性子数が1つ増加する。

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

問4 次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 原子核の半径は原子番号の1/3乗にほぼ比例している。
- 2 原子核の半径は質量数の1/3乗にほぼ比例している。
- 3 原子核の体積は反応断面積の3/2乗にほぼ比例している。
- 4 原子核の半径は、原子の半径の $10^{-3}$ 倍程度である。
- 5 鉛( $^{208}\text{Pb}$ )の原子核の半径は10 fmを超える。

問5 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 原子番号50以上の安定な原子核では陽子数が中性子数より少ない。
- B  $^{14}\text{C}$ と $^{18}\text{O}$ は同中性子体である。
- C 同重体は互いに原子核の質量が等しい。
- D 同位体は互いに陽子の数が等しい。

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

問6 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 陽子と中性子の間で核力が作用する。
- B 核子当たりの平均結合エネルギーが最大となるのは $^4\text{He}$ である。
- C 中性子は、電荷を持たないため、陽子よりも質量が小さい。
- D 中性子と陽子のスピンはともに1/2である。

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

問7 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 核異性体の半減期は数分以内である。
- B 核異性体でも $\beta^-$ 壊変する場合がある。
- C 核異性体でもEC壊変をする場合がある。
- D 核異性体が遷移した結果生じた核種は安定である。

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

- 問8 放射能  $10,000 \text{ Bq}$  の  $^{13}\text{N}$  (半減期 10 分) を  $\text{NaI(Tl)}$ シンチレーション計数装置で 2 時間計数した。この場合、計数装置の指示値 (積算カウント)として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、 $^{13}\text{N}$  に対する計数効率 (計数率/壊変率) は 5%であり、バックグラウンドは  $5 \text{ cps}$  である。
- 1  $9.5 \times 10^4$       2  $2.4 \times 10^5$       3  $4.7 \times 10^5$       4  $5.7 \times 10^5$       5  $9.3 \times 10^5$

- 問9 放射性核種のみからなる物質 A と B がある。それぞれの単位質量当たりの放射能を  $S_A$  及び  $S_B$ 、それぞれの核種の質量 (原子質量単位) を  $M_A$  及び  $M_B$ 、半減期を  $T_A$  及び  $T_B$  とする。これらの間に  $S_B = 2S_A$ 、 $T_B = 5T_A$  の関係があるとき、 $M_A/M_B$  の値として正しいものは次のうちどれか。
- 1 0.1      2 0.4      3 1      4 2.5      5 10

問10 シンクロトロンに用いられる構成要素として、正しい組合せはどれか。

- A 高周波加速空洞  
B 収束電磁石  
C 偏向電磁石  
D ディー電極
- 1 ABCのみ    2 ABDのみ    3 ACDのみ    4 BCDのみ    5 ABCDすべて

問11 加速器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 サイクロトロンでは、荷電粒子を角速度一定の条件で円軌道運動させ、軌道半径を大きくしながら加速する。
- B シンクロトロンでは、磁場を変化させて、荷電粒子を一定の軌道で周回させて加速する。
- C 直線加速装置では、直線軸上に電極を並べ、荷電粒子が電極を通過する間に電圧を反転させ電極間で加速電場を生じるような高周波電場を用いる。
- D コッククロフト・ワルトン型加速装置では、直流高電圧を多段の整流器とコンデンサを結合した回路で発生させ、これによる電場により、荷電粒子を加速する。

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

問12 次の核反応の式のうち、誤っているものはどれか。

- 1  ${}^3\text{He} + {}^3\text{He} \rightarrow \alpha + \text{p}$
- 2  $\text{d} + \text{d} \rightarrow {}^3\text{He} + \text{n}$
- 3  $\text{d} + {}^3\text{He} \rightarrow \alpha + \text{p}$
- 4  $\text{d} + \text{d} \rightarrow \text{p} + \text{t}$
- 5  $\text{d} + {}^6\text{Li} \rightarrow 2\alpha$

問13 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A W値は気体の密度の増加とともに大きくなる。
- B W値はイオン化ポテンシャルと等しい。
- C W値は荷電粒子の電荷の平方根に比例して増加する。
- D ヘリウムのW値はアルゴンのW値より大きい。
- E 電子に対する空気のW値は約34 eVである。

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

問 14 水中における飛程が  $35 \mu\text{m}$  である  $\alpha$  線の空気中での飛程[cm]に最も近い値は、次のうちどれか。ただし、空気の密度は  $0.0013 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  とする。

- 1 0.27            2 0.51            3 1.2            4 2.7            5 5.1

問 15  $5.3 \text{ MeV}$  の  $\alpha$  粒子が 2 気圧の空気中で停止するまでに生成するイオン対数として、正しい値は次のうちどれか。ただし、標準状態の空気の密度を  $0.0013 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  とする。

- 1  $3.0 \times 10^4$             2  $7.5 \times 10^4$             3  $1.5 \times 10^5$             4  $3.0 \times 10^5$             5  $7.5 \times 10^5$

問 16 光子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 線エネルギー転移係数は、二次電子の制動放射によるエネルギー損失に影響されない。
- B 線エネルギー転移係数は、線減弱係数より小さい。
- C 線エネルギー吸収係数は、線エネルギー転移係数より大きい。
- D 質量減弱係数は、線減弱係数と密度の積で表される。

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

問 17 NaI(Tl)  $\gamma$  線スペクトロメータにより、エネルギー未知の  $\gamma$  線の波高分布スペクトルを測定したところ、全吸収ピークが 600 チャネルに、コンプトンエッジが 400 チャネルに観測された。この場合の  $\gamma$  線エネルギー[keV]として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、このスペクトロメータの零点調整はなされている。

- 1 320                      2 511                      3 662                      4 835                      5 1,170

問 18 コンプトン散乱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 断面積は原子番号にほぼ比例する。
- B 反跳電子のエネルギーは入射光子のエネルギーに等しくなることがある。
- C 散乱光子のエネルギーは入射光子のエネルギーに等しくなることがある。
- D 散乱光子と入射光子の波長の差は、入射光子の波長に逆比例する。
- E 散乱光子と入射光子の波長の差は、散乱角によって定まる。

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

問 19 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 光電効果は、光子と束縛電子との相互作用により起こる。
- B 光電効果は、光子と軌道電子との弾性衝突である。
- C 光電効果に伴って、オージェ電子が放出されることがある。
- D 光電効果の原子当たりの断面積は、原子番号の2乗に比例する。
- E 光電効果の原子当たりの断面積は、光子エネルギーの増加とともに増加する。

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

問20 単位面積あたりの質量（面密度）の単位で与えられた半価層と等価なものは次のうちどれか。

ただし、質量減弱係数を $\mu_m$ とする。

1  $0.368 \mu_m$

2  $\frac{0.368}{\mu_m}$

3  $0.693 \mu_m$

4  $\frac{0.693}{\mu_m}$

5  $2.718 \mu_m$

問21 熱中性子の有効な検出法として正しいものの組合せは、次のうちどれか。

A  $^{197}\text{Au}$  の放射化で生じた核種からの  $\gamma$  線を測定する。

B  $^1\text{H}_2$  を計数ガスとして反跳で生じた陽子を測定する。

C  $^3\text{He}$  との核反応で生じた陽子とトリトン ( $^3\text{H}$  原子核) を測定する。

D  $^{10}\text{B}$  との核反応で生じた  $\alpha$  粒子と  $^7\text{Li}$  を測定する。

- 1 ACDのみ    2 ABのみ    3 BCのみ    4 Dのみ    5 ABCDすべて

問22 中性子線に対して定義されるものとして、正しい組合せはどれか。

A 飛程

B カーマ

C 照射線量

D 吸収線量

E 線エネルギー付与

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



問 23 中性子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 原子核が光子を吸収すると中性子が放出されることがある。
- B  $^{252}\text{Cf}$  の自発核分裂により中性子が放出される。
- C DT 反応により放出される中性子の平均エネルギーは、 $^{241}\text{Am-Be}$  線源から放出される中性子の平均エネルギーよりも低い。
- D  $^{241}\text{Am-Be}$  線源から (p,n) 反応により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 24 次のうち、エネルギーに換算して最も小さいものはどれか。

- 1  $1 \times 10^{-10}$  g
- 2  $1 \times 10^{-4}$  W·h
- 3 1 cal
- 4  $1 \times 10^{10}$  u
- 5  $1 \times 10^{22}$  eV

問 25 量と単位に関する次の組合せのうち、正しいものはどれか。

- |               |   |   |
|---------------|---|---|
| 1 W値          | — | $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$                     |
| 2 カーマ         | — | $\text{C} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ |
| 3 質量阻止能       | — | $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}$      |
| 4 反応断面積       | — | $\text{m}^{-2}$                                     |
| 5 質量エネルギー吸収係数 | — | $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$                   |

**問 26**  $\beta$  壊変後 100 %カスケードに  $\gamma$  線を放出する核種の点線源がある。この点線源の放射能測定に、 $\beta$  線検出器と  $\gamma$  線検出器を用いた  $\beta\gamma$  同時計数法を適用した。 $\beta$  線検出器の計数率、 $\gamma$  線検出器の計数率及び同時計数率の正味値が、それぞれ、60,000 cpm、5,000 cpm、3,000 cpm であるとき、この点線源に対する  $\beta$  線検出器の計数効率として最も近い値は次のうちどれか。

- 1 0.005            2 0.04            3 0.08            4 0.4            5 0.6

**問 27** 直径 127 mm、高さ 127 mm の NaI(Tl)井戸型シンチレーション計数管の井戸中に測定試料を入れた場合、511 keV の光子に対する計数効率は 80%であった。ここに  $^{18}\text{F}$  線源を入れた場合、 $^{18}\text{F}$  の放射能に対する計数効率 ( $\text{s}^{-1}/\text{Bq}$ ) の値[%]はいくらか。次のうちから最も近いものを選べ。なお、 $^{18}\text{F}$  は 3%が EC、残りが  $\beta^+$ 壊変をする。

- 1 77            2 80            3 86            4 93            5 96

**問 28** 10 kBq の線源を、分解時間 200  $\mu\text{s}$  の GM 計数管で測定すると、計数率は 12 kcpm であった。この測定条件における数え落としの割合[%]として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 1            2 2            3 3            4 4            5 5

問29 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A シンチレーション検出器の出力パルス波高は、光電子増倍管の印加電圧に大きく依存する。
- B イオン再結合が無視できるとき、電離箱の出力電流は印加電圧にほとんど依存しない。
- C 比例計数管の出力パルス波高は、印加電圧にほとんど依存しない。
- D Ge検出器の出力パルス波高は、印加電圧に大きく依存する。
- E 比例計数管のプラトー中央付近では、計数率は印加電圧にほとんど依存しない。

1 ABCのみ    2 ABEのみ    3 ADEのみ    4 BCDのみ    5 CDEのみ

問30 1 Gyの吸収線量に対し、最も高い等価線量を与える放射線は次のうちどれか。

- 1  $\alpha$ 線
- 2  $\beta$ 線
- 3  $\gamma$ 線
- 4  $\mu$ 粒子
- 5 熱中性子

