

物 理 学

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 (8 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 試験中に気分が悪くなった場合は、手を挙げて試験監督員の指示に従ってください。
- ⑥ 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。
- ⑦ 問題用紙は持ち帰っていただいて結構です。
- ⑧ 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 解答用紙の注意事項に従い丁寧に記入してください。
- ② 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、記入欄以外の余白及び裏面には、何も記入しないでください。
- ③ 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。
- ④ 解答用紙の所定欄に氏名・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。
- ⑤ 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 α 粒子の質量は、電子の質量の何倍か。次のうち最も近いものはどれか。

- 1 2000 2 4000 3 7000 4 10000 5 13000

問2 運動エネルギー E を持つ質量 m の粒子Aが、質量 $4m$ の粒子Bと弾性衝突するとき、粒子Aが失う最大エネルギーは、次のうちどれか。

- 1 $0.10 E$ 2 $0.16 E$ 3 $0.40 E$ 4 $0.64 E$ 5 $0.80 E$

問3 次の放射線のうち、連続したエネルギースペクトルをもつものの組合せはどれか。

- A 制動放射線 B 特性X線 C β 線 D 内部転換電子

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問4 特性X線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 KX線のエネルギーは、原子番号の増加とともに高くなる。
B 特性X線の放出とオージェ電子の放出は競合しない。
C 同一原子では、LX線のエネルギーはKX線のエネルギーより高い。
D 内部転換は特性X線放出の原因となる。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問5 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 同位体の関係にある原子核では、原子番号が同じで質量数が異なる。
B 同重体の関係にある原子核では、原子番号が異なり質量数が同じである。
C 核異性体の関係にある原子核では、原子番号及び質量数が同じである。
D 同中性子体の関係にある原子核では、中性子数が等しく原子番号が異なる。

- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 BCDのみ 4 ABCDすべて
5 1から4の組合せ以外

問6 原子核が α 壊変して質量 m_A の原子核になるとき、 α 粒子(質量 m_α)のエネルギー E_α と壊変エネルギー Q との関係を表す式として正しいものは、次のうちどれか。

$$1 \quad E_\alpha = \left(\frac{m_A + m_\alpha}{m_A} \right)^2 Q \quad 2 \quad E_\alpha = \left(\frac{m_A + m_\alpha}{m_A} \right) Q \quad 3 \quad E_\alpha = \left(\frac{m_A}{m_A + m_\alpha} \right) Q$$

$$4 \quad E_\alpha = \left(\frac{m_\alpha}{m_A + m_\alpha} \right) Q \quad 5 \quad E_\alpha = \left(\frac{m_A}{m_A + m_\alpha} \right)^2 Q$$

問7 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 中性原子の質量は、原子核の質量と全軌道電子の静止質量の総和に等しい。
- B 原子核の質量は、その原子核を構成する核子の質量の総和より結合エネルギーに相当する質量分だけ大きい。
- C 原子核の核子当たりの平均結合エネルギーは、質量数が50~60で最大となる。
- D 中性子の質量は、陽子の質量より大きい。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問8 次の放射性同位元素のうち、Niの特性X線を放出するものはどれか。

- 1 ^{65}Zn 2 ^{64}Cu 3 ^{57}Co 4 ^{55}Fe 5 ^{54}Mn

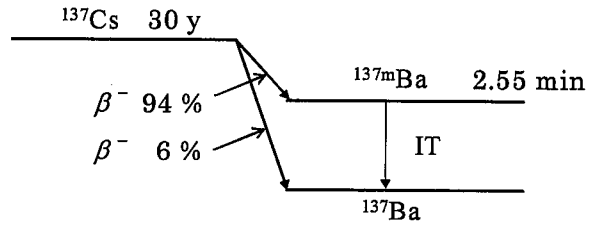
問9 特性X線、オージェ電子及び蛍光収率に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A オージェ電子は、原子核から放出されることがある。
- B 蛍光収率は、特性X線とオージェ電子の放出率の和に対する特性X線の放出率の割合である。
- C 特性X線とオージェ電子のエネルギーは同じである。
- D 蛍光収率は、原子番号に依存する。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 10 1.0 MBq の ^{137}Cs から放出される 0.662 MeV 光子の毎秒の個数 (s^{-1}) として正しいものはどれか。ただし、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ の全内部転換係数を 0.11 とする。

- 1 1.0×10^6
- 2 9.4×10^5
- 3 8.9×10^5
- 4 8.5×10^5
- 5 8.3×10^4



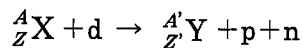
問 11 次の組合せのうち、適切な関係にあるものはどれか。

- 1 コッククロフト・ワルトン型加速器 — 直流高電圧
- 2 ファン・デ・グラーフ型加速器 — 高周波電圧
- 3 サイクロトロン — 静電加速
- 4 直線加速器 — 電荷移送用絶縁ベルト
- 5 シンクロトロン — 静磁場

問 12 サイクロトロン内を速度 v 、半径 r で回転する粒子の角速度 ($=v/r$) を表す式として正しいものはどれか。ただし、粒子の電荷を e 、質量を M とし、サイクロトロンの磁束密度を B とする。

- 1 BM/e
- 2 $(B/e)(M/r)$
- 3 eB/M
- 4 eBM
- 5 eBM/r

問 13 原子番号 Z 、質量数 A の原子核に次のような核反応が起こった。生成核の原子番号 Z' と質量数 A' の正しいものの組合せはどれか。



- | | Z' | A' |
|---|-------|-------|
| 1 | $Z-1$ | $A-1$ |
| 2 | Z | $A-1$ |
| 3 | Z | A |
| 4 | Z | $A+1$ |
| 5 | $Z+1$ | $A+1$ |

問 14 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 中性子捕獲反応の断面積は、低エネルギー領域では中性子エネルギーの 0.5 乗に逆比例する
場合が多い。
- B ${}^1\text{H}(n, \gamma){}^2\text{H}$ 反応の際、結合エネルギーに相当する 2.2 MeV の γ 線が放出される。
- C 20 °C における熱中性子のエネルギーは、平均値が 0.025 eV のガウス分布をしている。
- D 熱中性子による ${}^{235}\text{U}$ の核分裂において、核分裂片は質量数が 117 及び 118 のものが最も多
い。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 15 気体分子のイオン化ポテンシャル I (eV) と W 値 W (eV) との関係を示す式として、最
も適切なものは次のうちどれか。

- 1 $W \approx 0.2I$ 2 $W \approx 0.5I$ 3 $W \approx I$ 4 $W \approx 2I$ 5 $W \approx 5I$

問 16 陽子 p とヘリウム原子核 A を 1 MV の電位差で加速した。それぞれの粒子の運動エネルギー
 E_p 、 E_A 及び速度 v_p 、 v_A の関係で、正しいものの組合せはどれか。

- 1 $E_p = E_A$ 、 $v_p = 2v_A$ 2 $E_p = \frac{1}{4}E_A$ 、 $v_p = 4v_A$ 3 $E_p = \frac{1}{2}E_A$ 、 $v_p = \sqrt{2}v_A$
- 4 $E_p = E_A$ 、 $v_p = \sqrt{2}v_A$ 5 $E_p = \frac{1}{2}E_A$ 、 $v_p = 2v_A$

問 17 1 MeV の電子線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 吸収体の厚さに対し、強度が指数関数的に減衰する。
- B 原子核と衝突して中性子を放出させる。
- C 空気中(1気圧、0 °C)においてチェレンコフ光が生じる。
- D 物質中で連続エネルギー分布の光子が生じる。

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

問 18 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、光子と自由電子との相互作用である。
- B 鉛の K 吸収端のエネルギーは、約 90 keV である。
- C 1.2 MeV γ 線に対する鉛の半価層は、約 10 mm である。
- D 鉛と光子の相互作用は、光子エネルギーが 100 keV から 2 MeV の範囲でコンプトン効果が主である。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 19 ^{60}Co γ 線に対する減弱が最も大きいものは、次のうちどれか。ただし、ビルドアップ効果はないものとし、鉛、鉄及びコンクリートの密度 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$) は、それぞれ 11.4、7.86 及び 2.35 とする。

- 1 6 cm 厚さの鉛
- 2 10 cm 厚さの鉄
- 3 30 cm 厚さのコンクリート
- 4 2 cm 厚さの鉛と 15 cm 厚さのコンクリートを合わせたもの
- 5 5 cm 厚さの鉄と 20 cm 厚さのコンクリートを合わせたもの

問 20 コンプトン散乱による散乱 γ 線のエネルギー E'_γ (MeV) は、入射 γ 線のエネルギーを E_γ (MeV) とすると、次式で表される。ただし、 θ は散乱角である。

$$E'_\gamma = \frac{E_\gamma}{1 + A E_\gamma (1 - \cos \theta)}$$

上式において A に相当する数値は、次のうちどれか。

- 1 0.51 2 0.98 3 1.02 4 1.96 5 2.04

問 21 光子と物質の相互作用に関する係数を大きいものから順に並べたとき、正しいものは次のうちどれか。

- 1 質量エネルギー吸収係数 > 質量減弱係数 > 質量エネルギー転移係数
- 2 線エネルギー転移係数 > 線減弱係数 > 線エネルギー吸収係数
- 3 質量エネルギー転移係数 > 質量エネルギー吸収係数 > 質量減弱係数
- 4 線減弱係数 > 線エネルギー吸収係数 > 線エネルギー転移係数
- 5 線減弱係数 > 線エネルギー転移係数 > 線エネルギー吸収係数

問 22 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 中性子は β^+ 壊変して陽子となる。
- B 中性子は核外では壊変しない。
- C 中性子の質量は陽子と電子の質量の和より大きい。
- D 中性子数より陽子数が大きい核種がある。

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

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 ^{241}Am -Be 線源から (p, n) 反応により中性子が放出される。
- B ^{241}Am -Be 線源から放出される中性子の平均エネルギーは、d-T 反応による中性子の平均エネルギーより高い。
- C ^{252}Cf の自発核分裂により中性子が放出される。
- D 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。

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 24 次の放射線と物理量の関係として適切でないものはどれか。

- 1 陽子線 — 質量阻止能
- 2 β 線 — 後方散乱係数
- 3 中性子線 — 飛程
- 4 γ 線 — 質量減弱係数
- 5 α 線 — 線エネルギー付与 (LET)

問 25 次の量と単位の組合せのうち、誤っているものはどれか。

- 1 エネルギーフルエンス — $\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$
- 2 質量阻止能 — $\text{kg}\cdot\text{m}^4\cdot\text{s}^{-1}$
- 3 吸収線量 — $\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$
- 4 W 値 — $\text{kg}\cdot\text{m}^2\cdot\text{s}^{-2}$
- 5 線減弱係数 — m^{-1}

問 30 GM 計数管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 印加電圧と計数率の関係は、プラトー特性と呼ばれる。
- B プラトーが長く傾斜が小さいほうが望ましい。
- C 分解時間、不感時間、回復時間の順に時間が長くなる。
- D 多重放電を防止するため充填ガスに有機ガスを添加する場合がある。

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