

## 物 理 学

試験が始まる前にこのページに書いてあることをよく読んでください。裏面以降は試験問題になっているので、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（6ページ）

3 注意事項：

- ① 机の上に出してよい物は、受験票、鉛筆（HB又はB）又はシャープペンシル、鉛筆削り、消しゴム、時計に限ります。計算機能・通信機能・辞書機能等の付いた時計を机の上に出すことはできません。
- ② 電卓（電子式卓上計算機）及び下敷きの使用はできません。
- ③ 携帯電話等の通信機器は使用できません。（電源を切ってカバン等にしまってください。）
- ④ 問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び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。ただし、試験問題の内容に関する質問にはお答えできません。
- ⑤ 試験中に気分の悪くなった場合などは、手を挙げ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、すぐ筆記用具を置いて、解答をやめてください。  
試験監督員が解答用紙を集め終わるまでは、席を離れることはできません。  
なお、問題用紙は持ち帰っていただいて結構です。
- ⑦ 不正行為をした場合は、受験資格を失います。

4 解答用紙の扱いについて：

- ① 解答用紙は機械で読み取りを行いますので、解答用紙の注意事項に従い丁寧に記入してください。また折り曲げたり汚したりしないでください。
- ② 筆記用具は、鉛筆（HB又はB）又はシャープペンシルを使用し、記入を訂正する場合には消しゴムできれいに消してください。また、消しきずは残さないようにしてください。
- ③ 解答用紙の所定の欄に氏名・受験地・受験番号を必ず記入してください。特に受験番号は受験票と照合して正しく記入してください。
- ④ 試験は択一方式で、解答は1つの問につき1つだけ選択してください。2つ以上選択（マーク）した場合は、零点になります。
- ⑤ 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。
- ⑥ 以上の記入方法の指示に従わない場合、必要とされる記入事項が正しく記入されていない場合には採点されません。

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** 運動エネルギーが 2.0 MeV の  $\alpha$  粒子を進行方向に電位差 3.0 MV で加速した後の速度 ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、原子質量単位を  $1.7\times 10^{-27}$  kg、電子の電荷を  $1.6\times 10^{-19}$  C とする。

- 1  $1.0\times 10^7$       2  $2.0\times 10^7$       3  $3.0\times 10^7$       4  $4.0\times 10^7$       5  $5.0\times 10^7$

**問 2** 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 原子質量単位 (u) では、1u は 0.93 GeV に等しい。  
B 原子質量単位 (u) では、1u は水素原子の質量として定義されている。  
C 電子の静止エネルギーの値は 0.51 MeV である。  
D 陽子の質量は電子の質量の約 210 倍である。

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

**問 3** 同一原子の K 殻と L 殻の電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 内部転換電子のエネルギーは、K 殻より L 殻から放出される場合の方が大きい。  
B 軌道電子の結合エネルギーは、K 殻より L 殻の方が大きい。  
C K 殻オービタル電子のエネルギーは、L 殻オービタル電子のエネルギーより大きい。  
D 同じ線から放出される光電子のエネルギーは、K 殻より L 殻からの方が大きい。

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

**問 4** 核異性体の定義として次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 核子の総数が互いに等しい原子核  
2 陽子の数が互いに等しい原子核  
3 中性子の数が互いに等しい原子核  
4 陽子と中性子のどちらの数も互いに等しくエネルギー準位の異なる原子核  
5 中性子の数と陽子の数が互いに入れ替わった原子核

**問 5** 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 中性子数が等しく陽子数が異なる核種を互いに同位体であるという。  
B 陽子の質量は中性子の質量より大きい。  
C 原子核の質量は、構成核子の質量の総和より結合エネルギー分だけ小さい。  
D 原子核の核子当たりの結合エネルギーは質量数が 4 の場合に極大となる。

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

問6 水素原子のスペクトル系列を表わす式  $\nu = cR\left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2}\right)$  ( $n$ 及び  $m$ は整数で  $m > n$ )において、

$n=1$ に対応するものはライマン系列と呼ばれる。ここで  $R$ はリュードベリ定数、 $\nu$ は振動数(Hz)、 $c$ は光速( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )を表す。ライマン系列で最長の波長(m)として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 $R=1.1\times 10^7$  ( $\text{m}^{-1}$ )とする。

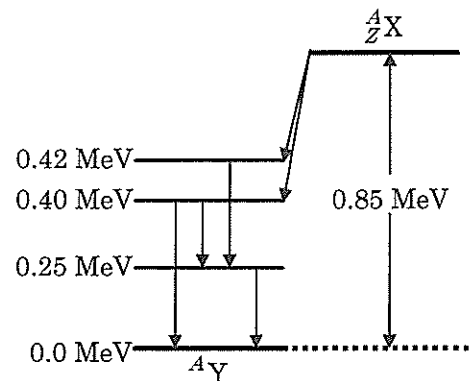
- 1  $9.8\times 10^{-8}$       2  $1.0\times 10^{-7}$       3  $1.2\times 10^{-7}$       4  $1.4\times 10^{-7}$       5  $1.6\times 10^{-7}$

問7 Ge 検出器の校正(50 keV から 1.5 MeV の範囲)に用いられる核種について、放出される  $\gamma$  線エネルギーの大きさの順に正しく並んでいるものは、次のうちどれか。

- 1  $^{241}\text{Am} < ^{60}\text{Co} < ^{137}\text{Cs} < ^{57}\text{Co} < ^{54}\text{Mn}$   
 2  $^{54}\text{Mn} < ^{137}\text{Cs} < ^{60}\text{Co} < ^{57}\text{Co} < ^{241}\text{Am}$   
 3  $^{241}\text{Am} < ^{57}\text{Co} < ^{137}\text{Cs} < ^{54}\text{Mn} < ^{60}\text{Co}$   
 4  $^{57}\text{Co} < ^{241}\text{Am} < ^{54}\text{Mn} < ^{137}\text{Cs} < ^{60}\text{Co}$   
 5  $^{57}\text{Co} < ^{60}\text{Co} < ^{137}\text{Cs} < ^{241}\text{Am} < ^{54}\text{Mn}$

問8 放射性核種  $^A_Z\text{X}$  が壊変して  $^A\text{Y}$  になる壊変図式が下図に示されている。次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 壊変の Q 値(壊変エネルギー)は 0.85 MeV である。  
 B 消滅放射線が観測される。  
 C  $^A\text{Y}$  の原子番号は  $Z+1$  である。  
 D 0.15 MeV の  $\gamma$  線が放出される。  
 E  $^A_Z\text{X}$  の壊変において  $\beta^-$  線の放出はない。



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

問9 次の粒子加速器のうち、ほぼ一定の周回軌道を保って荷電粒子を加速するものはどれか。

- 1 コッククロフト・ワルトン型加速器  
 2 サイクロトロン  
 3 ファン・デ・グラーフ型加速器  
 4 シンクロトロン  
 5 マイクロトロン

問 10 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 核反応の前後で電荷の総量は変化しない。
- B バーンは核反応断面積の単位に用いられる。
- C 核反応の Q 値は、常に負の値をとる。
- D 核反応の全断面積は弾性散乱と非弾性散乱の断面積の和である。

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

問 11 電子の静止質量の約  $10^4$  倍大きい質量を持つ原子核から 1 MeV の光子が放出されるときに原子核が受ける反跳エネルギーとして最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 1 eV      2 5 eV      3 10 eV      4 100 eV      5 1 keV

問 12 連続なエネルギースペクトルを有する放射線として正しい組合せは、次のうちどれか。

- A  $^{109}\text{Cd}$  から放出される電子
- B 光電効果により放出される電子
- C コンプトン散乱により放出される光子
- D 電子の制動により放出される光子
- E  $^{252}\text{Cf}$  から放出される中性子

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

問 13 陽電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  $\gamma$ 線と物質との相互作用において生成される場合がある。
- B 電子と結合して光子を放出して消滅する。
- C 核壊変に伴って放出される場合、連続エネルギースペクトルとなる。
- D 静止質量は電子に比べて大きい。
- E EC壊変において放出される。

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

問 14 荷電粒子が速度  $v$  で物質中を通過するとき、粒子の進行方向とチェレンコフ光の放出方向とが成す角度  $\theta$  の関係は、次のうちどれか。ただし、物質の屈折率を  $n$ 、真空中での光速を  $c$  とする。

- 1  $\sin\theta = n \cdot v / c$       2  $\cos\theta = n \cdot c / v$       3  $\sin\theta = c / (n \cdot v)$   
4  $\cos\theta = c / (n \cdot v)$       5  $\sin\theta = v / (c \cdot n)$

問 15  $\alpha$  粒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 質量衝突阻止能は、物質の原子番号の 2 乗に比例する。
- B 大角度で散乱される場合がある。
- C 原子核との弾性衝突の前後においては、運動エネルギーの和が変わらない。
- D 比電離は速度の減少とともに急激に増大する。

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

問 16  $\beta^+$ 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  $\beta^+$ 線の最大飛程は、同じエネルギーの  $\beta^-$ 線の最大飛程とほとんど同じである。
- B  $\beta^+$ 線により制動放射線が放出される。
- C  $\beta^+$ 線の遮へいは同じエネルギーの  $\beta^-$ 線の場合と同じとして取り扱う。
- D 消滅放射線は  $\beta^+$ 線が放出された場所から放出される。

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

問 17 空気、アルゴン、ヘリウム中で  $^{210}\text{Po}$  から放出された  $\alpha$  粒子が完全に静止するとき、発生する電荷量が小さい順に並んでいるものは、次のうちどれか。

- 1 空気 < アルゴン < ヘリウム                      2 空気 < ヘリウム < アルゴン
- 3 アルゴン < 空気 < ヘリウム                      4 ヘリウム < アルゴン < 空気
- 5 ヘリウム < 空気 < アルゴン

問 18 コンプトン効果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 コンプトン電子のエネルギーは散乱光子のエネルギーより常に大きい。
- B コンプトン効果は光子の波動性を示す現象である。
- C 散乱光子の波長は入射光子の波長より長い。
- D コンプトン効果の原子当たりの断面積は、原子の原子番号に比例する。

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

問 19 光電効果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 光子のエネルギーが軌道電子の結合エネルギーより少し大きいときに光電効果が急激に起きやすくなる。
- B 光電効果に伴って特性 X 線が放出されることはない。
- C 光電子の放出される角度分布は均一である。
- D 原子核に近い軌道電子の方が光電効果を起こしやすい。

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

問 20 次のうち、光子の遮へい計算に用いられるビルドアップ(再生)係数の値に直接関係のないものはどれか。

- 1 入射光子の線量率                      2 コンプトン効果                      3 入射光子のエネルギー  
4 物質の原子番号                      5 物質の厚さ

問 21 5 MeV の光子に対するある物質の線減弱係数を $\mu_t$ 、線エネルギー転移係数を $\mu_e$ 、線エネルギー吸収係数を $\mu_a$ と記したとき、これらの係数が小さい順に並んでいるものは、次のうちどれか。

- 1  $\mu_a < \mu_t < \mu_e$                       2  $\mu_t < \mu_e < \mu_a$                       3  $\mu_a < \mu_e < \mu_t$   
4  $\mu_e < \mu_t < \mu_a$                       5  $\mu_e < \mu_a < \mu_t$

問 22 次の中性子と原子核の反応のうち、熱中性子の検出に使用できないものはどれか。

- 1  ${}^3\text{He}(n, p)$                       2  ${}^6\text{Li}(n, \alpha)$                       3  ${}^1\text{H}(n, n')$                       4  ${}^{10}\text{B}(n, \alpha)$                       5  ${}^{235}\text{U}(n, f)$

問 23 1.0 MeV のエネルギーに相当するものは、次のうちどれか。

- 1 4.2 aJ                      2 1.6 fJ                      3 0.16 pJ                      4 16 nJ                      5 0.42  $\mu\text{J}$

問 24 次の単位記号のうち、物理的意味を持つものの組合せはどれか。

- A  $\text{C}\cdot\text{kg}^{-1}$                       B  $\text{Gy}\cdot\text{kg}^{-1}$                       C  $\text{Sv}\cdot\text{kg}^{-1}$                       D  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$                       E  $\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$   
1 ABCのみ                      2 ABEのみ                      3 ADEのみ                      4 BCDのみ                      5 CDEのみ

問 25 液体シンチレー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 NaI(Tl)シンチレータに比べ発光の減衰時間が短い。  
B 低エネルギー $\beta$ 線放出核種の放射能測定に適している。  
C 放射線のエネルギー情報が得られない。  
D シンチレータ内での増幅作用が大きい。  
E 速中性子の検出に用いられる。  
1 ABCのみ                      2 ABEのみ                      3 ADEのみ                      4 BCDのみ                      5 CDEのみ

問 26 放射線計数装置で、ある試料を  $T$  分間測定して  $N$  カウントを得た。次に、試料を除いて、 $T_b$  分

間バックグラウンドを測定して  $N_b$  カウントを得た。このとき、試料の正味の計数率  $\frac{N}{T} - \frac{N_b}{T_b}$  の

統計誤差(標準偏差)は、次のうちどれか。

- 1  $\sqrt{\frac{N+N_b}{T+T_b}}$       2  $\sqrt{\frac{N}{T} + \frac{N_b}{T_b}}$       3  $\frac{\sqrt{N}}{T} + \frac{\sqrt{N_b}}{T_b}$   
 4  $\frac{\sqrt{N+N_b}}{\sqrt{T^2+T_b^2}}$       5  $\sqrt{\frac{N}{T^2} + \frac{N_b}{T_b^2}}$

問 27 放射線測定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 端窓型 GM 計数管は  $\gamma$  線、 $\beta$  線の検出に適している。  
 B 表面障壁型 Si 半導体検出器は  $\beta$  線の検出に適している。  
 C NaI(Tl)シンチレータは中性子の検出に適している。  
 D  $\text{BF}_3$  計数管は  $\gamma$  線の検出に適している。

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

問 28 NaI(Tl)検出器で 1000 Bq の  $^{137}\text{Cs}$  線源(0.662 MeV の  $\gamma$  線放出比は 0.85)を 200 秒間測定したところ 7000 カウントであった。線源を取り除き 100 秒間測定したところ 100 カウントであった。この測定系の検出効率(%)として正しいものは次のうちどれか。

- 1 3.7      2 4.0      3 4.2      4 4.5      5 5.0

問 29 放射線防護のための量には、人体影響の評価に主眼をおいた防護量(Protection Quantity)と、測定に主眼をおいた実用量(Operational Quantity)とがある。次の量のうち、実用量の組合せはどれか。

- A 等価線量      B 実効線量      C 周辺線量当量  
 D 個人線量当量      E 方向性線量当量

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

問 30 次のうち、 $\alpha$  線のエネルギー測定に適する検出器として、正しいものの組合せはどれか。

- A 表面障壁型 Si 半導体検出器      B Ge 検出器  
 C BGO 検出器      D ZnS(Ag)検出器      E グリッド付電離箱

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