

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 0.021 eV の中性子の速度 $[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$ として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、中性子の質量は 1.7×10^{-27} kg とする。

- 1 2.0×10^3
- 2 2.0×10^5
- 3 2.0×10^7
- 4 2.0×10^9
- 5 2.0×10^{11}

問2 2 g の重水素と 3 g の三重水素のすべてが D - T 核融合を起こしたとする。発生する 14 MeV の中性子の運動エネルギーの総和を原油の量[kL]に換算した場合、最も近い値は次のうちどれか。ただし、原油の標準発熱量を $38 \text{ MJ}\cdot\text{L}^{-1}$ とする。

- 1 2.2 2 3.5 3 22 4 35 5 133

問3 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 内部転換電子の運動エネルギーは、L殻転換よりK殻転換の方が低い。
- B 内部転換係数は、内部転換電子の放出率をそれと競合する γ 線の放出率で割った値で与えられる。
- C 内部転換電子の運動エネルギーは、内部転換が起きた原子核の励起レベルのエネルギーに等しい。
- D 内部転換が起きる割合は、内殻軌道より外殻軌道の電子の方が大きい。
- E 内部転換電子とオージェ電子の放出は競合する。

- 1 AとB 2 AとE 3 BとD 4 CとD 5 CとE

問4 2つの核種間について、正しい記述の組合せは次のうちどれか。ただし、X及びYは元素記号、p及びqは整数とする（表記例、 ${}^{60}_{27}\text{Co}$ ）。

- A ${}^{p+q+1}_q\text{X}$ は、 ${}^{p+q}_{q-1}\text{Y}$ の同中性子体である。
- B ${}^{p+q}_q\text{X}$ は、 ${}^{p+q-1}_{q-1}\text{Y}$ の同重体である。
- C ${}^{p+q}_q\text{X}$ は、 ${}^{p+q}_{q-1}\text{Y}$ の同位体である。
- D ${}^{2q-1}_q\text{X}$ と ${}^{2q-1}_{q-1}\text{Y}$ の原子核は、互いに鏡像核である。
- E ${}^p_p\text{X}$ は、 ${}^p_{q-1}\text{Y}$ の核異性体である。

- 1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとE 5 DとE

問5 次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 原子の角運動量は不連続な値をとる。
- 2 原子の電子軌道のうち、最も内側の軌道はJ軌道である。
- 3 水素原子の電子の結合エネルギーは13.6 keVである。
- 4 特性X線が発生するかわりに原子から放出される軌道電子を内部転換電子という。
- 5 特性X線の振動数と原子番号とが直線関係にある。

問6 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A EC壊変が起きる核種では必ず β^+ 壊変が起きる。
- B EC壊変が起きると必ず特性X線またはオージェ電子が放出される。
- C 核異性体は必ずその原子核の基底状態を経て壊変する。
- D α 壊変で放出される α 線のエネルギー分布は線スペクトルである。

- 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 電子捕獲においては核内の陽子1個が中性子に変わる。
- B α 壊変する核種で β 線が放出されることはない。
- C β^- 壊変が起きると必ず γ 線が放出される。
- D β^- 壊変と電子捕獲の両者が起きる核種も存在する。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問8 次の核種のうち、一壊変当たりのオージェ電子の放出確率が最も大きいものはどれか。

- 1 ^{51}Cr
- 2 ^{54}Mn
- 3 ^{55}Fe
- 4 ^{64}Cu
- 5 ^{65}Zn

問9 次の組合せのうち、正しいものはどれか。

- | | | |
|---------------------|---|-------|
| 1 ファン・デ・グラーフ型加速装置 | — | 誘導電場 |
| 2 サイクロトロン | — | 交流磁場 |
| 3 シンクロトロン | — | ディー電極 |
| 4 直線加速装置 | — | 高周波電場 |
| 5 コッククロフト・ワルトン型加速装置 | — | 絶縁ベルト |

問10 100 keVの重陽子ビームで三重水素ターゲットを衝撃したとき、重陽子ビームの方向に対して90度方向に放出された中性子の運動エネルギーは14.1 MeVであった。この反応において発生したエネルギー[MeV]として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 14.1 2 15.6 3 17.6 4 18.5 5 20.4

問11 5 MeVの α 粒子との衝突により反跳される原子核のうち、最大反跳エネルギーが大きい順に並んでいるものは、次のうちどれか。

- 1 ${}^1\text{H}$ 、 ${}^2\text{H}$ 、 ${}^4\text{He}$ 、 ${}^6\text{Li}$ 、 ${}^9\text{Be}$
2 ${}^9\text{Be}$ 、 ${}^6\text{Li}$ 、 ${}^4\text{He}$ 、 ${}^2\text{H}$ 、 ${}^1\text{H}$
3 ${}^6\text{Li}$ 、 ${}^4\text{He}$ 、 ${}^2\text{H}$ 、 ${}^9\text{Be}$ 、 ${}^1\text{H}$
4 ${}^4\text{He}$ 、 ${}^2\text{H}$ 、 ${}^6\text{Li}$ 、 ${}^9\text{Be}$ 、 ${}^1\text{H}$
5 ${}^4\text{He}$ 、 ${}^6\text{Li}$ 、 ${}^2\text{H}$ 、 ${}^9\text{Be}$ 、 ${}^1\text{H}$

問12 5 MeVの α 線が透過するものは、次のうちどれか。

- A 4.8 cmの空気層 (0°C、1気圧)
B $12 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ のアルミニウム箔
C $12 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ の銅箔
D $12 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-2}$ の金箔
- 1 ACDのみ 2 ABのみ 3 BCのみ 4 Dのみ 5 ABCDすべて

問13 次のうち、制動放射と関係のないものの組合せはどれか。

- A シンクロトロン放射光
- B チェレンコフ光
- C X線管（クーリッジ管）からのX線
- D 特性X線
- E 電子線の放射損失

- 1 AとB 2 AとE 3 BとD 4 CとD 5 CとE

問14 次の4つの気体に対し、電子線が気体中で1個の電子-イオン対を生成するのに要する平均エネルギーを、小さいものから順に正しく並べたものはどれか。

- A He
- B O₂
- C Ar
- D 乾燥空気

- 1 ABCD 2 ABDC 3 CBDA 4 CDBA 5 DCBA

問15 40 MeV α 粒子及び10 MeV陽子に対する水中での衝突阻止能をそれぞれ S_a 及び S_p とするとき、その比 (S_a/S_p) として正しいものはどれか。

- 1 0.2 2 0.5 3 2 4 4 5 8

問16 次のうち水中でチェレンコフ光を放出する核種として正しいものの組合せはどれか。

- A ${}^3\text{H}$
- B ${}^{32}\text{P}$
- C ${}^{90}\text{Y}$
- D ${}^{210}\text{Po}$

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問17 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 電子対生成には、電子の静止質量の2倍以上に相当する光子エネルギーが必要である。
- B 電子対生成で生じた電子と陽電子は、互いに180度方向に放出される。
- C 電子対生成で生じた陽電子は、3つの光子を放出して消滅することがある。
- D 電子対生成の断面積は、物質の原子番号の3乗に比例して大きくなる。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問18 光子と物質との相互作用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 0.2 MeVの光子と水との相互作用は主に光電効果である。
- B 1.0 MeVの光子と鉛との相互作用は主に光電効果である。
- C 2.0 MeVの光子と水との相互作用は主にコンプトン効果である。
- D 10 MeVの光子と鉛との相互作用は主に電子対生成である。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問19 ${}^{137}\text{Cs}$ 線源から放出される 662 keV γ 線が物質と1回のコンプトン散乱を起こした場合、正しい記述の組合せは次のうちどれか。

- A 散乱光子が入射方向と反対の方向に出ることがある。
- B 600 keV の反跳電子が出ることがある。
- C 600 keV の散乱光子が出ることがある。
- D 散乱光子のエネルギーがゼロとなることがある。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 20 662 keV の γ 線が物質中で 2 回のコンプトン散乱を起こした場合、散乱 γ 線の最小エネルギー [keV] として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 0 2 54 3 107 4 128 5 184

問 21 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 光電効果によって放出される光電子は、全ての方向に均等に放出される。
B 光電効果は光子の粒子性を示す現象である。
C 光電効果に対する線減弱係数は、物質の原子番号を Z とすると、 $Z(Z+1)$ に比例する。
D 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。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 22 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 ${}^9\text{Be}(\alpha, n){}^{12}\text{C}$ の反応は中性子源として利用される。
B 中性子の質量は陽子と電子の質量の和より大きい。
C 中性子の数が等しい核種どうしを同位体という。
D 中性子が衝突を繰り返し、単位長さ当たりに失うエネルギーを阻止能という。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 23 エネルギー E_0 の中性子の弾性散乱により反跳される ${}^{16}\text{O}$ 原子核の最大エネルギーは E_0 の何倍となるか、最も近い値を選べ。

- 1 0.89 2 0.75 3 0.64 4 0.36 5 0.22

問24 次の量のうち、エネルギーの次元と異なるものはどれか。

- 1 吸収線量×質量
- 2 カーマ×質量
- 3 阻止能×時間
- 4 電流×電圧×時間
- 5 加速度×質量×距離

問25 次の①～③は、単位の換算関係、または定数の値の概数を表したものである。正の整数 A、B、C を加算したものは次のうちどれか。

- ① 1 eV (電子ボルト) は、 1.6×10^{-A} J である。
- ② 1 b (バーン) は、 1×10^{-B} m² である。
- ③ 陽子の静止質量は、 1.7×10^{-C} kg である。

- 1 62 2 66 3 70 4 74 5 78

問26 減速材を用いずに速中性子のエネルギースペクトルを測定するのに最も適した検出器は、次のうちどれか。

- 1 イメージングプレート
- 2 平行平板型空気電離箱
- 3 ゲルマニウム検出器
- 4 BF₃ 計数管
- 5 液体シンチレーション検出器

問27 分解時間 $150\ \mu\text{s}$ のGM計数管を用いて β 線を計数するとき、数え落としが 6.0% を超えない最大の計数率[cps]に最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 400 2 800 3 1,200 4 1,600 5 2,000

問28 GM計数管の入射窓の前方に線源Aを置いて1,000秒間計数したところ、100,000カウントであった。次に線源Aの横に線源Bを置き計数したところ、1,000秒間で197,000カウントを得た。最後に、線源Aを取り去り、同じく1,000秒間計数したところ、計数値は100,000カウントであった。バックグラウンド計数率は $0.5\ \text{cps}$ である。このGM計数装置の分解時間[μs]として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 100 2 130 3 160 4 190 5 220

問 29 小型の空洞電離箱に γ 線を照射した場合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 電離電流は充填気体の W 値に比例する。
- B 電離電流は充填気体の密度に比例する。
- C 電離電流は二次電子に対する充填気体の阻止能に比例する。
- D 電離電流は空洞の体積に比例する。
- E 電離電流は電離箱壁からの二次電子の飛程に比例する。

- 1 ABEのみ 2 ACDのみ 3 ADEのみ 4 BCDのみ 5 BCEのみ

問30 次のシンチレータのうち、発光減衰時間の短いものから順に並べたものはどれか。

- A NaI(Tl)
- B CsI(Tl)
- C LaBr₃(Ce)
- D プラスチックシンチレータ

- 1 CDBA 2 CDAB 3 DABC 4 DCAB 5 DCBA

