

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（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、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。
- 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 1 MeV の電子がタングステンターゲットに当たった場合、制動放射線の最短波長はいくらか。
次のうちから最も近い値を選べ。

- 1 0.6 pm 2 1.2 pm 3 18 pm 4 0.6 nm 5 3.3 nm

問2 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 1 fm は 1×10^{-15} m である。
B 1 nSv は 1×10^{-10} Sv である。
C 1 GeV は 1×10^9 eV である。
D 1 TBq は 1×10^{10} Bq 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 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 核子とは中性子、陽子及び中間子をいう。
B 原子核の体積は質量数にほぼ比例する。
C 核子間の結合は強い相互作用によるものである。
D 核子当たりの結合エネルギーは質量数が大きいほど高くなる。

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

問4 内部転換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 運動エネルギーは競合する γ 線のエネルギーと等しい。
- B K殻転換よりL殻転換において運動エネルギーは高い。
- C 運動エネルギーの分布は線スペクトルを示す。
- D 特性X線の放出と競合して起きる。

1 ACDのみ 2 ABのみ 3 BCのみ 4 Dのみ 5 ABCDすべて

問5 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 原子番号は原子核内の中性子の数に等しい。
- B X線より波長の短い電磁波を γ 線と呼ぶ。
- C 特性X線が原子核から放出されることはない。
- D 内部転換が起きるとオージェ電子が放出されることがある。

1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問6 次のうち、 β - γ 同時計数法により放射能を測定できる核種の組合せはどれか。

- A ^{32}P
- B ^{24}Na
- C ^{55}Fe
- D ^{60}Co
- E ^{137}Cs

1 AとB 2 AとC 3 BとD 4 CとE 5 DとE

問7 次の過程のうち、放出される電子が連続スペクトルを示すものの組合せはどれか。

- A 内部転換
- B 光電効果
- C 電子対生成
- D コンプトン効果
- E オージェ効果

1 AとB 2 AとE 3 BとD 4 CとD 5 CとE

問8 次のうち、質量数に変化がなく、原子番号が1増加する過程はどれか。

- 1 α 壊変
- 2 β^- 壊変
- 3 β^+ 壊変
- 4 γ 遷移
- 5 電子捕獲

問9 陽子(p)と ${}^4\text{He}^{2+}$ を2MVの電位差で加速したとき、2つの粒子の速度の比(v_p/v_{He})は次のうちどれか。

- 1 $\frac{1}{2}$
- 2 1
- 3 $\sqrt{2}$
- 4 2
- 5 4

問10 次の組合せのうち、正しいものはどれか。

- | | | | |
|---|----------------|---|--------------|
| A | ベータトロン | — | 交流磁場 |
| B | 陽子線形加速器 | — | アルバレ型円筒空洞共振器 |
| C | ファン・デ・グラーフ型加速器 | — | 高周波電圧 |
| D | シンクロトロン | — | 静磁場 |

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

問11 質量数200の原子核が4MeVの α 線を放出して壊変するとき、生成核の反跳エネルギー[MeV]として最も近い値はどれか。

- 1 0.04
- 2 0.08
- 3 0.1
- 4 0.2
- 5 0.4

問 12 重荷電粒子に対する物質の阻止能 $[\text{keV}\cdot\text{m}^{-1}]$ に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 粒子の電荷の 2 乗に比例する。
- 2 粒子の速度に依存する。
- 3 同じ速度の粒子に対して、粒子の質量に反比例する。
- 4 物質の単位質量当たりの原子の個数に比例する。
- 5 物質の原子番号に比例する。

問 13 チェレンコフ光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 荷電粒子が結晶の格子面に沿って入射したときに放出される光である。
- B 荷電粒子が物質中での光速より速く進むときに放射される光である。
- C 荷電粒子が物質中で曲げられるときに放出される光である。
- D 荷電粒子が物質を通過する際に生じる分極に伴って生じる光である。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 14 水(屈折率 1.33)中を電子が通過する場合、チェレンコフ光が発生するための電子の運動エネルギー $[\text{keV}]$ として、最小の値(しきいエネルギー)に最も近いものは次のうちどれか。

- 1 90 2 150 3 210 4 270 5 330

問 15 γ 線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 光電効果では γ 線のエネルギーがすべて光電子に転移する。
- B コンプトン効果の断面積は物質の原子番号に比例して増加する。
- C コンプトン効果では γ 線のエネルギーが高いほど前方に散乱されやすい。
- D K吸収端はコンプトン効果に起因して生じる。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 16 1 MeV の γ 線がアルミニウムに当たってコンプトン効果を起こし、0.5 MeV の電子が放出された。この場合、散乱 γ 線の散乱角はいくらか。次のうちから最も近いものを選び。

- 1 15° 2 30° 3 45° 4 60° 5 135°

問 17 電子対生成に関する次の記述のうち、誤っているものの組合せはどれか。

- A 生成された電子と陽電子の運動エネルギーの和は 1.022 MeV である。
- B 断面積は原子番号に比例する。
- C 電子対生成が起こった位置で消滅放射線が発生する。
- D 4 MeV γ 線と鉄の主たる相互作用は電子対生成である。

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

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 コンプトン効果によって放出される二次電子の最大エネルギーは、入射光子のエネルギーに等しい。
- B コンプトン効果は光子の波動性を示す現象である。
- C 光電効果は光子の粒子性を示す現象である。
- D 2 MeV の制動放射線は電子対生成が可能である。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 19 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 中性子の静止質量は陽子と電子の静止質量の和より大きい。
- B 原子核内の陽子は電子捕獲して中性子になることがある。
- C 核外にある中性子は β^- 壊変して陽子に変わる。
- D 重陽子の静止質量は、陽子と中性子のそれぞれの静止質量の和よりも大きい。

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

問 20 次の金属のうち、熱中性子に対する吸収断面積の最大のものはどれか。

- 1 Co 2 Mn 3 In 4 Cd 5 Au

問 21 次の記述のうち誤っているものの組合せはどれか。

- A 吸収線量は間接電離放射線にのみ用いることができる。
B 中性子は直接電離放射線に分類される。
C 照射線量は物質を選ばず用いることができる。
D カーマは空気に対してのみ用いることができる。

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

問 22 次の量の名称と単位に関する組合せのうち、正しいものはどれか。

- A 照射線量 — $C \cdot kg^{-1}$
B 粒子フルエンス — $m^{-2} \cdot s^{-1}$
C 質量阻止能 — $J \cdot m \cdot kg^{-1}$
D 吸収線量率 — $J \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$
E 線減弱係数 — m

- 1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとE 5 DとE

問 23 次の検出器のうち、熱中性子の計測に適さないものはどれか。

- 1 CH_4 比例計数管
2 3He 比例計数管
3 BF_3 比例計数管
4 $^6Li(Eu)$ シンチレーション検出器
5 ^{235}U 核分裂電離箱

問 24 次の括弧内の大小関係が正しいものの組合せはどれか。

- A W 値 (ヘリウム > 空気)
- B ϵ 値 (シリコン > ゲルマニウム)
- C 気体中の移動度 (電子 > 陽イオン)
- D 蛍光の減衰時間 (NaI(Tl)シンチレータ > プラスチックシンチレータ)

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

問 25 次のシンチレータのうち、 ^{137}Cs 662 keV γ 線の測定に際して、最も良好なエネルギー分解能が期待できるものはどれか。

- 1 NaI(Tl)
- 2 CsI(Tl)
- 3 $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$
- 4 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$
- 5 $\text{Lu}_2\text{SiO}_5(\text{Ce})$

問 26 内容積 1 L のボールチェンバーによって放射線を測定したところ、電流 1 nA が得られた。

この場合空間の空気吸収線量率 [$\mu\text{Gy}\cdot\text{s}^{-1}$] はいくらか。次のうちから選べ。ただし、このチェンバーの内部は密度 $1.3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ の空気が充填され、壁材はプラスチック内面にカーボン電極を塗布したもので、空気等価とみなすことができるものとする。

- 1 1.6 2 3.6 3 26 4 34 5 76

問 27 0.9 MeV の γ 線と 2.8 MeV の γ 線をカスケード状に同時に放出する β^- 壊変核種があるとして、この核種の線源を Ge 検出器に近接して置いて波高分布スペクトルをとった場合、何本のピークが観測されると考えられるか。次のうちから選べ。

- 1 5本 2 6本 3 7本 4 8本 5 9本

問 28 グリッド付電離箱における次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A α 線のエネルギースペクトルの測定に用いられる。
- B 電子の流動に基づく信号のみを用いる。
- C 検出器ガスとして空気も使用できる。
- D グリッドで電子を増幅して使用する。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 29 次の放射線測定器のうち α 線のエネルギー測定に最適なものはどれか。

- 1 表面障壁型 Si 半導体検出器
- 2 ZnS(Ag)シンチレーション検出器
- 3 Ge 検出器
- 4 NaI(Tl)シンチレーション検出器
- 5 熱ルミネセンス線量計(TLD)

問 30 分解時間 0.20 ms の GM 計数管を用いて計数するとき、数え落としによる誤差が 5.0%を超えない最大の真の計数率[cps]に最も近い値は次のうちどれか。

- 1 250 2 400 3 550 4 700 5 850

