

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（7 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 次の放射線のうち、真空中での速度が最も遅いものはどれか。

- 1 波長 1 nm の光子
- 2 運動エネルギー 10 MeV の中性子
- 3 運動エネルギー 10 MeV の α 粒子
- 4 運動エネルギー 5 MeV の陽子
- 5 電圧 1 MV で加速した電子

問 2 次のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 原子の半径は原子番号に比例する。
B 水素原子のイオン化エネルギーは 1.36 eV である。
C 原子質量単位 u は ^{12}C の質量を基準にして、その 12 分の 1 を 1u として定義される。
D 原子質量単位 1u はエネルギーに換算すると約 931 MeV に相当する。
- 1 A と B 2 A と C 3 B と C 4 B と D 5 C と D

問 3 水素原子のスペクトル系列

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right) \quad (n \text{ 及び } m \text{ は整数で } m > n)$$

で、 $n=1$ 、 $m=2,3,4,\dots$ に対応する系列は次のうちどれか。ただし、 λ は波長 [m] を、 R はリュドベリ定数を表す。

- 1 バルマー系列
- 2 パッシェン系列
- 3 プント系列
- 4 ライマン系列
- 5 ブラケット系列

問4 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 内部転換電子の放出はオージェ電子の放出の要因となる。
- B 光電効果はオージェ電子の放出の要因となる。
- C オージェ電子の放出は低原子番号の核種で起きやすい。
- D オージェ電子のエネルギーは放出軌道電子の結合エネルギーと等しい。

- 1 ABCのみ 2 ABのみ 3 ADのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問5 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 固体中において、 α 線により電子と対の形で生成される。
- B 電子と結合して消滅し、その際光子が放出される。
- C 金属中において100ms程度の平均寿命を持つ。
- D 電子対生成で放出される場合は、連続スペクトルを示す。
- E 電子に比べて静止質量が大きい。

- 1 AとC 2 BとD 3 BとE 4 CとD 5 AとE

問6 次の核種のうち、1壊変当たりのオージェ電子の放出確率が一番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7 次の放射線のうち、連続したエネルギー分布を持つものの組合せはどれか。

- A オージェ電子
- B 内部転換電子
- C 熱中性子
- D 制動放射線

- 1 AとB 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問8 核壊変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 核異性体転移が起こると質量数が1つ減少する。
- B 内部転換により電子が放出されて原子番号が1つ増加する。
- C β^- 壊変とEC壊変の両者が起きる核種も存在する。
- D EC壊変する核種のうち γ 線を放出する核種も存在する。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問9 次の加速器のうち、交流電磁石を用いるものはどれか。

- 1 サイクロトロン
- 2 電子直線加速器
- 3 ファン・デ・グラーフ型加速器
- 4 ベータトロン
- 5 シンクロトロン

問10 α 粒子と原子核との衝突において、反跳エネルギーが最も大きくなる原子核は次のうちどれか。

- 1 ${}^1\text{H}$ 2 ${}^4\text{He}$ 3 ${}^{12}\text{C}$ 4 ${}^{28}\text{Si}$ 5 ${}^{56}\text{Fe}$

問11 5.5 MeV α 線のシリコン(A=28)における飛程を R_1 [$\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$]、金 (A=197)における飛程を R_2 [$\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$]としたとき、 R_2/R_1 の値として最も近いものは次のうちどれか。

- 1 0.8 2 1.0 3 1.5 4 2.0 5 2.7

問12 1.0 MeV の陽子の空気中における飛程[cm]に最も近い値は、次のうちどれか。ただし、エネルギー E [MeV]の α 線の空気中における飛程 R [cm]は $R = 0.32 E^{3/2}$ で与えられるとする。

- 1 0.16 2 0.64 3 2.6 4 4.0 5 10

問13 次の3種類の荷電粒子について、空気中の飛程の大きい順に正しく並んでいるものはどれか。

- A 1 MeV 陽子
B 2 MeV 重陽子
C 3 MeV α 粒子

- 1 $A > B > C$ 2 $A > C > B$ 3 $B > A > C$ 4 $B > C > A$ 5 $C > A > B$

問14 ある物質中に核子当たり 2.5 MeV のエネルギーを持つ ${}^4\text{He}^{2+}$ と ${}^1\text{H}^+$ が入射するとき、その物質の ${}^4\text{He}^{2+}$ に対する阻止能 S_1 と ${}^1\text{H}^+$ に対する阻止能 S_2 の比 (S_1/S_2) として最も近い値はどれか。

- 1 0.5 2 1 3 2 4 4 5 16

問 15 次の物質と放射線の組合せのうち、発生するイオン対又は電子・正孔対の数が最も多いものはどれか。ただし、放射線のエネルギーは物質中ですべて吸収されるものとする。

- 1 ヘリウムガス 3 気圧中の 5 MeV α 線
- 2 空気 4 気圧中の 4 MeV β^- 線
- 3 シリコン中の 200 keV γ 線
- 4 キセノンガス 1 気圧中の 5 MeV 電子線
- 5 ダイヤモンド中の 2 MeV 陽子線

問 16 2 MeV の光子がコンプトン散乱を起こした場合、散乱角 90° の光子のエネルギー E_1 と散乱角 180° の光子のエネルギー E_2 の比 (E_1/E_2) として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 1.2 2 1.4 3 1.6 4 1.8 5 2.0

問 17 0.1 MeV の光子がタングステンと光電効果を起こし、K 軌道電子が放出された。またこれに伴い、 K_α -X 線が発生した。それぞれのエネルギー [keV] として正しい組合せはどれか。ただし、K 軌道と L 軌道における結合エネルギーはそれぞれ 69.5 keV 及び 10.9 keV とする。

- A 10.9
 - B 30.5
 - C 58.6
 - D 69.5
 - E 89.1
- 1 A と D 2 A と E 3 B と C 4 B と E 5 C と D

問 18 次の記述で正しいものの組合せはどれか。

- A 0.1 MeV の光子と水の相互作用は主にコンプトン効果である。
 - B 1 MeV の光子と鉛の相互作用は主に光電効果である。
 - C 2 MeV の光子と水の相互作用は主に電子対生成である。
 - D 10 MeV の光子と鉛の相互作用は主に電子対生成である。
- 1 A と B 2 A と D 3 B と C 4 B と D 5 C と D

問 19 中性子と ${}^4\text{He}$ 原子核との弾性衝突において、衝突後の中性子がとる最小エネルギーは衝突前のエネルギーの何倍となるか。最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 0.12 2 0.24 3 0.36 4 0.50 5 0.74

問 20 ${}^6\text{Li}(n, \alpha){}^3\text{H}$ の反応において、この反応の Q 値を 4.8 MeV とすると、生成核 ${}^3\text{H}$ に与えられるエネルギー [MeV] として最も近いものを次から選べ。

- 1 1.6 2 2.1 3 2.7 4 3.2 5 3.8

問 21 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 照射線量は中性子及び光子について定義される。
- B 空気カーマは照射線量より二次電子の放射損失の分だけ小さい。
- C 照射線量の単位は $\text{C}\cdot\text{kg}^{-1}$ で与えられる。
- D 照射線量は空気に対して定義される。

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

問 22 次の放射線のうち、カーマの適用できるものの組合せはどれか。

- A 中性子線
- B γ 線
- C α 線
- D β 線

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

問 23 次のエネルギーに等価な量のうち、最も大きいものはどれか。

- 1 1 cal 2 1 J 3 1 GeV 4 2 W·s 5 0.5 N·m

問 24 次のシンチレータのうち、発光の減衰時間の一番短いものはどれか。

- 1 NaI(Tl)
- 2 CsI(Tl)
- 3 ZnS(Ag)
- 4 BGO
- 5 プラスチックシンチレータ

問 25 Ge 検出器の Ge 結晶中で 1.33 MeV γ 線のエネルギーがすべて吸収された場合、発生する電荷を電気容量 10 pF のコンデンサーに送り込んで得られる電圧[mV]として最も近いものは、次のうちどれか。ただし ϵ 値を 3.0 eV とする。

- 1 4.4 2 5.1 3 6.5 4 7.1 5 8.9

問 26 気体検出器のガス増幅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 印加電圧が高くなるとガス増幅度は大きくなる。
B 計数ガスに少量の酸素を加えるとガス増幅度は大きくなる。
C 同じ印加電圧で陽極心線を細くするとガス増幅度は大きくなる。
D 計数ガスの圧力が増加するとガス増幅度は大きくなる。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとD 5 CとD

問 27 β 線に引き続き直ちに γ 線を放出する β 壊変核種の線源を β - γ 同時計数法により測定した結果、 β 線測定器の計数率が 800 s^{-1} 、 γ 線測定器の計数率が 250 s^{-1} であり、同時計数率は 10 s^{-1} であった。この線源の放射能[MBq]に最も近い値は次のうちどれか。ただし、これらの測定器のバックグラウンド計数率は差し引いてあるものとする。

- 1 0.02 2 0.05 3 0.20 4 0.50 5 2.0

問 28 ビーム電流が $100 \mu\text{A}$ の 1.0 MeV 電子線が 1.0 kg の水に全エネルギーを吸収されるとき、この水での平均の吸収線量率[$\text{Gy}\cdot\text{s}^{-1}$]に最も近いのはどれか。

- 1 1.0×10^2 2 1.6×10^2 3 1.0×10^3 4 1.6×10^3 5 1.0×10^4

問 29 無機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)はBGOに比べ単位エネルギー当たりの発光量が大きい。
- B CsI(Tl)の密度はBGOよりも大きい。
- C ZnS(Ag)は潮解性がある。
- D CsI(Tl)のピーク発光波長はNaI(Tl)よりも長い。

1 AとB 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 30 イメージングプレート(IP)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 荷電粒子に対しては使用できない。
- B 4~5桁のX線強度変化に対する測定範囲を有する。
- C 可視光を照射することにより再度使用できる。
- D フェーディングはほとんど問題とならない。
- E 溶解した有機シンチレータ結晶をプラスチックフィルムに塗布したものである。

1 AとB 2 BとC 3 CとD 4 DとE 5 AとE

