

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、鉛筆又はシャープペンシル (HB 又は B)、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)、定規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。
なお、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。
- 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、鉛筆又はシャープペンシル (HB 又は B) 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。
- 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、又は必要とされる記入事項が正しく記入されていない場合は、採点がなされません。

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 次のうち、1 (又は 100 %) を超える可能性のあるものの組合せはどれか。

- A 内部転換係数
- B 蛍光収率
- C ファノ因子
- D 同位体存在度
- E 線量ビルドアップ係数

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

問 2 次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 光子の真空中での速度は、光子のエネルギーにより異なる。
- 2 光子のエネルギーは、振動数に比例する。
- 3 光子の運動量は、エネルギーに比例する。
- 4 光子は粒子性ととも波動性を示す。
- 5 X 線と γ 線はいずれも光子である。

問 3 原子の軌道電子の結合エネルギーが関係するものとして正しいものの組合せは、次のうちどれか。

- A 内部転換電子のエネルギー
- B 吸収端のエネルギー
- C 特性 X 線のエネルギー
- D 消滅放射線のエネルギー
- E 弾性散乱中性子のエネルギー

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

問 4 次のうち、特性 X 線を 放出しないものはどれか。

- 1 高速電子の電離・励起作用
- 2 光電効果
- 3 軌道電子捕獲 (EC)
- 4 α 線のラザフォード散乱
- 5 内部転換

問5 β 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 最大エネルギーが同じでも、 β^+ 壊変と β^- 壊変では、エネルギースペクトルの形状は異なる。
 - B β^+ 壊変は、壊変前後の中性原子の質量差が電子の質量以上で起きる。
 - C β^- 壊変における壊変の最大エネルギーは、壊変前後の中性原子の質量差で決まる。
 - D β 壊変の壊変エネルギーは、常に娘核種と β 粒子に分配される。
- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問6 ヘリウム原子核 ^4He の結合エネルギー (MeV) として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 0.3 2 1 3 3 4 10 5 30

問7 10 GBq の ^{241}Am の質量 (g) として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、 ^{241}Am の半減期を 1.4×10^{10} s、アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ とする。

- 1 4×10^{-5} 2 2×10^{-4} 3 6×10^{-3} 4 8×10^{-2} 5 1×10^{-1}

問8 次の放射性核種のうち、 β 線スペクトロメータのエネルギー校正に最も適しているものはどれか。

- 1 ^{14}C 2 ^{22}Na 3 ^{60}Co 4 ^{137}Cs 5 ^{241}Am

問9 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 内部転換は、 β 壊変に属する。
 - B 軌道電子捕獲 (EC) は、 β 壊変に属する。
 - C 内部転換では、ニュートリノは放出されない。
 - D 軌道電子捕獲 (EC) では、ニュートリノは放出されない。
- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問10 次の記述のうち、シンクロトロンに関する説明として誤っているものはどれか。

- 1 粒子を周回させるために磁場を用いる。
- 2 粒子を加速するために高周波電場を用いる。
- 3 加速するにしたがって粒子の軌道半径は大きくなる。
- 4 電子や陽子の高エネルギー加速器として用いられる。
- 5 あらかじめ、粒子を加速する前段の加速器が必要である。

問 11 核反応で原子核 X が Y に変わるとき、起こり得るものの組合せは次のうちどれか。ただし、 M 、 N は質量数、原子番号を、また、() 内の n 、 p 、 d 、 α は中性子、陽子、重陽子、 α 粒子を、それぞれ表す。

- A ${}^M_N\text{X}(n, p){}^M_{N-1}\text{Y}$ B ${}^M_N\text{X}(d, n){}^{M+1}_{N+1}\text{Y}$ C ${}^M_N\text{X}(p, n){}^{M+1}_N\text{Y}$
 D ${}^M_N\text{X}(d, \alpha){}^{M+1}_{N+2}\text{Y}$ E ${}^M_N\text{X}(\alpha, n){}^{M+3}_{N+2}\text{Y}$
 1 ABCのみ 2 ABEのみ 3 ADEのみ 4 BCDのみ 5 CDEのみ

問 12 質量数 204 の原子核が 7.0 MeV の α 粒子を放出した。その生成核の反跳エネルギー (MeV) として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 0.062 2 0.14 3 0.62 4 1.4 5 6.2

問 13 次の放射線のうち、水中に入射すると 0.5 MeV 以上のエネルギーの光子が発生するものの組合せはどれか。

- A 1 MeV の X 線
 B 1 MeV の電子
 C 0.1 MeV の陽電子
 D 熱中性子
 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問 14 制動放射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 入射した電子が原子核に吸収されて発生する。
 B 吸収物質の原子番号が大きくなるにつれて発生しやすくなる。
 C エネルギー分布は連続スペクトルである。
 D 最大エネルギーは入射電子エネルギーの 1/2 乗に比例する。
 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 15 等速の α 粒子の阻止能 (A) と重陽子の阻止能 (B) との比 (A/B) として正しいものは、次のうちどれか。

- 1 0.2 2 0.5 3 1 4 2 5 4

問 16 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。ただし、空気の密度を $1.3 \text{ mg}\cdot\text{cm}^{-3}$ とする。

- A 5.3 MeV の α 線が空気中で停止するまでに生成されるイオン対の数は、約 1.5×10^5 である。
- B 5 MeV の α 線の空気中の飛程は 5 cm 以下である。
- C 空気中での飛程が 3 cm の α 線の水中での飛程は 50 μm 以上である。
- D α 線の空気中の飛程については、そのエネルギー $E(\text{MeV})$ の 2 乗に比例する実験式が成立する。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 17 γ 線のビルドアップ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 吸収体中のコンプトン散乱が主として寄与する。
- B 吸収体の線減弱係数が大きいほど小さい。
- C 吸収体が厚いほど大きい。
- D γ 線のフルエンス率が高いほど大きい。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 18 角度 60 度でコンプトン散乱した結果生じた散乱光子のエネルギーとコンプトン電子のエネルギーとが等しかった。この場合、入射光子のエネルギー (MeV) として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 0.3 2 0.5 3 0.7 4 1.0 5 1.2

問 19 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 光電子のエネルギーは、入射光子エネルギーに比例しない。
- B 照射線量は、光子が空気と相互作用する場合のみ定義される。
- C 光電効果の断面積は、入射光子エネルギーとともに常に増大する。
- D コンプトン電子のエネルギーは、入射光子のエネルギーと同じになる場合がある。

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

問 20 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 光電効果に対する質量エネルギー吸収係数は、入射光子エネルギーに質量エネルギー減弱係数を乗じたものよりも小さくなる。
- B 光子と軌道電子との弾性衝突である。
- C 原子当たりの断面積は、物質の原子番号のほぼ 5 乗に比例する。
- D 光子エネルギーが K 吸収端より高い場合にしか起きない。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

【注意】問 20 には出題ミスがありました。選択肢 2 (A と C) を正答としていましたが、A の記述に誤りがあったため正答の選択肢がないこととなります。正しい記述は、「光電効果に対する質量エネルギー吸収係数は、同じ入射光子エネルギーの質量減弱係数よりも小さい。」となります。

問 21 コンプトン散乱に対する線減弱係数 μ を表わす式として正しいものは、次のうちどれか。ただし、物質の原子番号を Z 、原子量を A 、密度を ρ 、電子当たりの散乱断面積を μ_e 、アボガドロ定数を N_A とする。

- 1 $\mu = \frac{\mu_e}{\rho} \frac{A}{ZN_A}$ 2 $\mu = \frac{\mu_e}{\rho} \frac{ZN_A}{A}$ 3 $\mu = \mu_e \rho \frac{A}{ZN_A}$
- 4 $\mu = \frac{\rho}{\mu_e} \frac{ZN_A}{A}$ 5 $\mu = \mu_e \rho \frac{ZN_A}{A}$

問 22 10 MeV の中性子が ^2H に弾性衝突する場合、中性子のエネルギーが 0.1 MeV 以下となるための最小の衝突回数として正しいものは、次のうちどれか。

- 1 2 回 2 3 回 3 4 回 4 5 回 5 6 回

問 23 物理量と基本単位に関する次の組合せのうち、誤っているものはどれか。

- 1 エネルギー — $\text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
 2 運動量 — $\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
 3 吸収線量 — $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
 4 吸収断面積 — m^2
 5 粒子フルエンス — m^{-1}

問 24 次の 2 つの量の積あるいは商のうち、無次元となるものの組合せはどれか。

- A [質量エネルギー吸収係数] × [質量面密度]
 B [核反応断面積] × [粒子フルエンス]
 C [放射能] × [測定時間]
 D [飛程] ÷ [密度]
- 1 ABCのみ 2 ABのみ 3 ADのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問 25 金属板(直径 1 cm、厚さ 0.1 mm)に付着している ^{210}Po からの α 線を検出できる検出器として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

- A 4π 比例計数管
 B ZnS(Ag) シンチレーション検出器
 C 液体シンチレーション検出器
 D 固体飛跡検出器
- 1 ACDのみ 2 ABのみ 3 BCのみ 4 Dのみ 5 ABCDすべて

問 26 気体又は半導体における電子、陽イオン又は正孔の移動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 気体中では、陽イオンの移動度は自由電子の移動度とほぼ同じである。
- B 直流電離箱においては、電子移動による電気信号のみを利用している。
- C 高純度 Ge 検出器においては、電子移動及び正孔移動による電気信号の両方を利用している。
- D GM 計数管においては、信号の大部分は陽イオンの移動によるものである。

1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 27 0.6 MeV の γ 線による空気吸収線量が 1 Gy のとき、照射線量($C \cdot kg^{-1}$)として最も近い値は、次のうちどれか。ただし、電子に対する空気の W 値は 34 eV である。

1 0.03 2 0.08 3 0.3 4 0.8 5 3

問 28 次の検出器のうち、 β 線のエネルギースペクトルの測定に適しているものの組合せはどれか。

- A NaI(Tl)シンチレーション検出器
- B GM 計数管
- C Ge 検出器
- D Si 半導体検出器
- E プラスチックシンチレーション検出器

1 AとB 2 BとC 3 CとD 4 DとE 5 AとE

問 29 分解時間 0.12 ms の GM 計数管を用いて計数したとき、1 秒間に平均 500 カウントを得た。この場合の数え落しによる誤差(%)として最も近い値は、次のうちどれか。

1 0.3 2 0.6 3 1 4 3 5 6

問 30 NaI(Tl) と CsI(Tl) の 2 つのシンチレータの比較において、正しいものの組合せはどれか。

- A 密度は NaI(Tl)シンチレータの方が大きい。
- B ピーク発光波長は CsI(Tl)シンチレータの方が長い。
- C 発光の減衰時間は NaI(Tl)シンチレータの方が短い。
- D 潮解性の影響は CsI(Tl)シンチレータの方が少ない。

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