

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（9 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 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 電子の質量は、陽電子の質量より小さい。
- B 陽電子の質量は、消滅光子のエネルギーの総和を質量に換算したものに等しい。
- C 中性子の質量は、陽子と電子の質量の和より大きい。
- D ミュー粒子の質量は、陽子の質量より小さい。

1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとD 5 CとD

問2 次の記述のうち、起こりうるものの組合せはどれか。

- A 光核反応により中性子が発生する。
- B 光電効果に伴いオージェ電子が発生する。
- C 陽電子消滅によりニュートリノが発生する。
- D 中性子の散乱により制動X線が発生する。
- E α 線の減速に伴い δ 線が発生する。

1 ABDのみ 2 ABEのみ 3 ACDのみ 4 BCEのみ 5 CDEのみ

問3 電子をコッククロフト・ワルトン型加速器で加速するとき、電子速度が光速の半分になる様に加速するために必要な印加電圧 [kV]はいくらか。次のうちから最も近いものを選び。

1 80 2 130 3 250 4 510 5 590

問4 原子核の平均の密度 [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$]として最も近いものはどれか。

- 1 1.5×10^{12} 2 7.5×10^{12} 3 3.0×10^{13} 4 1.5×10^{14} 5 6.5×10^{14}

問5 Ni、Ba、Uについて、核子当たりの平均結合エネルギーが小さい順に並んでいるものは次のうちどれか。

- 1 $\text{U}<\text{Ni}<\text{Ba}$ 2 $\text{Ba}<\text{U}<\text{Ni}$ 3 $\text{Ni}<\text{Ba}<\text{U}$ 4 $\text{Ni}<\text{U}<\text{Ba}$ 5 $\text{U}<\text{Ba}<\text{Ni}$

問6 ^{22}Na は電子捕獲又は最大エネルギー0.545 MeVの陽電子を放出して壊変したのち、1.275 MeV励起準位を経て ^{22}Ne の基底状態となる。 ^{22}Na の壊変エネルギー[MeV]はいくらか。次のうちから、最も近いものを選べ。

- 1 1.06 2 1.57 3 1.82 4 2.33 5 2.84

問7 次の過程のうち、ニュートリノが放出されるものの組合せはどれか。

- A 軌道電子捕獲
- B 核異性体転移
- C β^+ 壊変
- D 電子対生成

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問8 内部転換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 軽い原子核よりも重い原子核で起こりやすい。
- B 内部転換によって原子番号は変わらない。
- C ニュートリノが放出される。
- D 核内の中性子が陽子に転換することにより起こる。
- E 内部転換電子は線スペクトルを示す。

- 1 ABDのみ 2 ABEのみ 3 ACDのみ 4 BCEのみ 5 CDEのみ

問9 サイクロトロンにおいて、磁束密度 B の磁場のもとで加速される荷電粒子（電荷 Ze 、質量 m ）の角速度を表す正しいものは、次のうちどれか。

- 1 $\frac{ZeB}{m}$ 2 $\frac{\pi ZeB}{m}$ 3 $\frac{2\pi ZeB}{m}$ 4 $\frac{ZeB}{\pi m}$ 5 $\frac{ZeB}{2\pi m}$

問10 荷電粒子が静電場で加速されたとき、その速度が最も大きいものは次のうちどれか。

- 1 電位差2.0 MVで加速された陽子
- 2 電位差3.0 MVで加速された重陽子
- 3 電位差5.0 MVで加速された三重水素の原子核
- 4 電位差6.0 MVで加速された ^4He の原子核
- 5 電位差9.0 MVで加速された $^{12}\text{C}^{2+}$ イオン

問11 次の核反応のうち、発熱反応の組合せはどれか。

- A $^{10}\text{B} + \text{n} \rightarrow ^7\text{Li} + ^4\text{He}$
- B $^6\text{Li} + \text{n} \rightarrow ^4\text{He} + ^3\text{H}$
- C $^2\text{H} + ^2\text{H} \rightarrow ^3\text{He} + \text{n}$
- D $^2\text{H} + ^3\text{H} \rightarrow ^4\text{He} + \text{n}$

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

問 12 熱中性子が ${}^3\text{He}$ と (n,p) 反応を起こした際に放出される陽子の運動エネルギー[MeV]はいくらか。次のうちから最も近いものを選び。ただし、この反応の発熱エネルギーは0.765 MeVである。

- 1 0.153 2 0.383 3 0.574 4 0.612 5 0.765

問 13 阻止能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 全阻止能に対する放射阻止能の割合は入射荷電粒子の運動エネルギーによらない。
- B 放射阻止能は荷電粒子が入射する物質の原子番号によらない。
- C 衝突阻止能を運動エネルギーに関して積分すると飛程となる。
- D 衝突阻止能は入射荷電粒子の電荷の2乗に比例して大きくなる。

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

問 14 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 阻止能は光子に対して適用できない。
- B 照射線量は $X\cdot\gamma$ 線に対してのみ適用できる。
- C 飛程は中性子に対して適用できる。
- D 質量エネルギー転移係数は β 線に対して適用できる。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 15 水中でチェレンコフ光が発生する電子の最小運動エネルギー[keV]はいくらか。次のうちから最も近いものを選び。なお、水の屈折率は1.33とする。

- 1 186 2 264 3 320 4 511 5 775

問 16 次の線エネルギー付与 (LET) に関する記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 全ての物質に対して適用される。
- B 荷電粒子にのみ適用される。
- C 線質係数は放射線の生体軟組織中における LET の関数である。
- D 同じ種類の放射線の場合、エネルギーの小さい方が LET は小さくなる。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 17 細い線束で γ 線が厚さの異なる鉛板 (線減弱係数 μ) に垂直に入射したとき、それぞれの透過後の γ 線の強度を比較する。厚さ y の場合の強度を I_1 、厚さ $(x-y)$ の場合の強度を I_2 とすると、比 (I_2/I_1) として、正しいものは次のうちどれか。ただし、ビルドアップはないものとし、 $x > y$ とする。

- 1 $e^{-\mu(x+2y)}$ 2 $e^{-\mu(x-2y)}$ 3 $e^{-\mu x}$ 4 $e^{\mu(x-2y)}$ 5 $e^{\mu(x+2y)}$

問 18 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A K 吸収端のエネルギーは、金より鉛の方が高い。
- B 100 keV の光子と空気との相互作用において、コンプトン散乱の断面積よりレイリー散乱の断面積の方が大きい。
- C 1 MeV の光子に対するコンプトン散乱の断面積は、鉄よりアルミニウムの方が大きい。
- D 5 MeV の光子と水との相互作用において、電子対生成の断面積よりコンプトン散乱の断面積の方が大きい。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 19 コンプトン散乱において、光子入射方向に対して前方方向 (0°) に放出された電子のエネルギーが 1.00 MeV であった。この時の入射光子のエネルギー [MeV] はいくらか。次のうちから最も近いものを選び。

- 1 1.12 2 1.21 3 1.37 4 1.43 5 1.50

問 20 2つの放射線の発生が互いに競合する関係にあるものの組合せは、次のうちどれか。

- A コンプトン電子と散乱光子
- B 特性 X 線とオージェ電子
- C 制動 X 線と特性 X 線
- D 内部転換電子と γ 線

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 21 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 核分裂における即発中性子の平均エネルギーは、約 2 MeV である。
- B 熱中性子の真空中での平均寿命は、10 分を超える。
- C 0.4 eV 以下の中性子に対して、カドミウムの吸収断面積は極めて大きい。
- D 中性子の静止質量は、電子の静止質量の 1,000 倍を超えない。
- E 1 MeV の中性子が水中で熱中性子になるまでの水素原子核との平均衝突回数は 20 回である。

- 1 ABCのみ 2 ACEのみ 3 ADEのみ 4 BCDのみ 5 BDEのみ

問 22 エネルギー E_n の中性子が陽子によって弾性散乱される場合、反跳陽子の最大エネルギーとして正しいものは次のうちどれか。

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

問 23 量と単位に関する次の組合せのうち、正しいものはどれか。

- 1 等価線量 — $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$
- 2 線減弱係数 — m
- 3 衝突断面積 — m^{-2}
- 4 粒子フルエンス — $\text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
- 5 質量エネルギー吸収係数 — $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$

問 24 次の量のうち、正しく換算されたものの組合せはどれか。

- A 6×10^4 dpm — 1×10^{-4} MBq
 - B $0.1 \text{ mJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ — $10 \mu\text{Gy}$
 - C 20 fBq — 0.02 pBq
 - D 3 eV — 4.8×10^{-19} J
 - E 10 u — 9.32×10^2 MeV
- 1 AとB 2 AとE 3 BとD 4 CとD 5 CとE

問 25 シンチレーション検出器で試料を 30 秒間測定して 600 カウントを得た。次に試料を除いて 4 分間バックグラウンドを測定したところ、1,600 カウントを得た。この場合の試料の正味計数率に対する標準偏差 [cpm]に最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 10 2 20 3 30 4 40 5 50

問 26 鉄製の遮蔽箱内で Ge 検出器を使用して ^{137}Cs 線源 (γ 線エネルギー: 662 keV) を測定した。遮蔽箱による散乱 γ 線の影響が、エネルギースペクトル上で最も顕著に現れるエネルギー [keV] の範囲は次のうちどれか。

- 1 50~100 2 120~170 3 180~230 4 440~490 5 610~660

問 27 直径 6.0 cm の薄い入射窓を持つ GM 計数管を用いて、窓面と 4.0 cm 離れた位置に置かれた点状 β 線源を測定する。この測定における GM 計数管の幾何学的効率として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 0.10 2 0.12 3 0.14 4 0.16 5 0.18

問 28 エネルギー分解能は、気体検出器よりも半導体検出器の方が優れているが、この理由として電離効率の違いがあげられる。ゲルマニウムの 1 個の電子・正孔対を作るのに必要な平均エネルギー (ϵ) に対するアルゴン気体の W 値 (W) の比 (W/ϵ) として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 3 2 6 3 9 4 12 5 15

問 29 314 MBq の β 線点線源を 40 秒間取り扱うとき、指先の皮膚の吸収線量 [mGy] の値として最も近いものは、次のうちどれか。ただし、線源と指先の距離は 10 cm で、この β 線の皮膚での平均質量阻止能は、 $2.0 \text{ MeV}\cdot\text{cm}^2\cdot\text{g}^{-1}$ とする。また、線源の半減期の影響は無視できるものとする。

- 1 0.8 2 1.6 3 3.2 4 6.4 5 12.8

問 30 次のAからDのサーベイメータのうち、 γ 線エネルギーが50 keV~2 MeVの範囲で、エネルギー特性（入射するエネルギーによらず1 cm線量当量を正確に測定可能かを表す特性）が良好な順に並んでいるものはどれか。

- A GM 計数管式
- B 空気電離箱式
- C NaI(Tl)シンチレーション式（エネルギー補償機能付き）
- D NaI(Tl)シンチレーション式（エネルギー補償機能なし）

1 ABCD 2 BCAD 3 BCDA 4 CBDA 5 CDBA

