

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結構です。
- ⑦ 不正行為を行った者は、受験資格を失ったものとみなし、試験室からの退出を命じます。また、試験終了後に不正行為を行ったことが発覚した場合、試験実施時にさかのぼり受験資格を失ったものとみなします。

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 5.3 MeV の α 線が真空中を 1 m 飛行するのに要する時間[ns]として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、 α 粒子の質量は 6.7×10^{-27} kg とする。

- 1 28 2 37 3 45 4 63 5 75

問2 660 keV γ 線の振動数[s^{-1}]として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、プランク定数は $h=6.63 \times 10^{-34}$ J \cdot s とする。

- 1 6.3×10^{18} 2 1.6×10^{20} 3 1.2×10^{28} 4 1.1×10^{29} 5 1.0×10^{39}

問3 次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 原子核の半径は、その質量数に比例する。
- 2 原子の半径は、その原子核内の陽子数に比例する。
- 3 水素原子の発光スペクトルにみられる輝線のうち、最も短い波長はライマン系列に属している。
- 4 原子のエネルギー準位は、核子の結合状態によって定まる。
- 5 原子番号は、原子核内の核子数に等しい。

問4 次のうち、質量として小さいものから大きいものの順に正しく並んでいるものの組合せはどれか。

- A 陽子
- B 中性子
- C 1 u (原子質量単位)
- D 電子の質量の1,800倍

- 1 ABCD 2 ABDC 3 BCDA 4 DCAB 5 DCBA

問5 次のうち、エネルギーが線スペクトルを示す正しい組合せはどれか。

- A α 線
- B β 線
- C オージェ電子
- D 制動放射線

- 1 ABDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問6 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 内部転換が起こっても原子番号は変わらない。
- B 内部転換は質量数の大きい原子核より小さい原子核で多くみられる。
- C 内部転換電子は線スペクトルを示す。
- D 内部転換とオージェ効果とは互いに競合する過程である。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

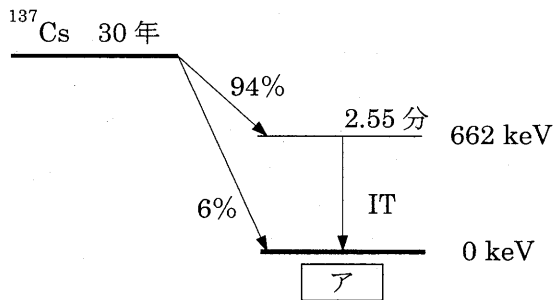
問7 次の線源と放射性核種の組合せのうち、適切でないものはどれか。

- | | | | |
|---|--------------|---|-------------------|
| 1 | γ 線源 | — | ^{54}Mn |
| 2 | β^- 線源 | — | ^{55}Fe |
| 3 | 内部転換電子線源 | — | ^{137}Cs |
| 4 | α 線源 | — | ^{241}Am |
| 5 | 中性子線源 | — | ^{252}Cf |

問8 半減期 2 分の核種を NaI(Tl)シンチレーション計数管を用いて 30 分間測定したところ、100,000 カウントを得た。バックグラウンド計数率は 3 s^{-1} である。この場合、計数開始直後のバックグラウンドを含む計数率 [s^{-1}] として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 123 2 332 3 443 4 550 5 660

問9 図には、 ^{137}Cs の壊変図を示す。次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。



- A ア に相当する核種は ^{137}Ba である。
 B ^{137}Cs は β^+ 壊変する。
 C ^{137}Cs の壊変のうち 94% は ア の核異性体となる。
 D ^{137}Cs 線源から放出される 662 keV 光子の放出率は 2.55 分ごとに半減する。
- 1 ABDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問10 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 電子捕獲ではニュートリノは放出されない。
- B 電子捕獲に引き続いて特性 X 線あるいはオージェ電子が放出される。
- C 電子捕獲を起こす核種は γ 線を放出しない。
- D β^+ 壊変は電子捕獲と競合して起こる。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問11 次の加速器に関する組合せのうち、静電型と高周波型の組合せになっているものはどれか。

- | | | | |
|---|------------------|---|----------------|
| 1 | コッククロフト・ワルトン型加速器 | — | ライナック (リニアック) |
| 2 | ライナック (リニアック) | — | シンクロトロン |
| 3 | コッククロフト・ワルトン型加速器 | — | ファン・デ・グラーフ型加速器 |
| 4 | サイクロトロン | — | シンクロトロン |
| 5 | ベータトロン | — | サイクロトロン |

問12 磁束密度1 Tのサイクロトロンで陽子を加速する場合、中心軸から30 cmの所からビームを取り出すとして、その陽子エネルギー[MeV]として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、陽子の質量を、 1.67×10^{-27} kgとする。

- 1 2.5 2 3.0 3 3.6 4 4.3 5 5.3

問13 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 熱中性子と水素との核反応は弾性散乱のみである。
- B 光核反応は吸熱反応である。
- C ^{252}Cf の壊変は自発核分裂のみである。
- D 原子核外の中中性子は β^- 壊変する。

- 1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問14 5 MeVの α 線に対するアルミニウムの質量阻止能が $0.61 \text{ MeV} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}$ であるとき、1.25 MeVの陽子線に対するアルミニウムの質量阻止能 $[\text{MeV} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{mg}^{-1}]$ として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 0.15 2 0.33 3 0.51 4 1.3 5 2.6

問15 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 光電効果で生じる光電子のエネルギーは、光子のエネルギーに比例する。
- B 光電効果に対する原子当たりの断面積は、原子番号の2乗に比例する。
- C 質量エネルギー吸収係数は、質量減弱係数より小さい。
- D 線減弱係数は、物質とその密度及び光子のエネルギーによって決まる。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問16 1.02 MeVの γ 線が物質でコンプトン効果を起こした場合、散乱光子と反跳電子のエネルギーが同じであった。この場合、散乱角として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 30° 2 45° 3 60° 4 75° 5 90°

問17 ^{137}Cs 線源からの662 keV γ 線が、物質で入射方向に対して180度方向に後方散乱されるとき、この散乱光子のエネルギー[keV]として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 92 2 184 3 288 4 477 5 662

問18 コンプトン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 散乱光子の波長は、入射光子の波長より長い。
- B 入射光子のエネルギーが大きいくほど、前方散乱が増大する。
- C 質量数56の鉄におけるコンプトン効果の原子当たりの断面積は電子当たりの断面積の56倍である。
- 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に等しくなることがある。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問19 熱中性子の遮蔽材として、適したものの組合せは次のうちどれか。

- A カドミウム板
- B ガドリニウム含有ゴムシート
- C ホウ素含有ゴムシート
- D 黒鉛ブロック

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

問20 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 速中性子は主に軌道電子との相互作用によりエネルギーを失う。
- B 中性子は真空中では安定である。
- C D-T反応により生成する中性子のエネルギーは約3 MeVである。
- D γ 線を用いて中性子を発生させることができる。

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

問21 次のうち、誤っているものはどれか。

- 1 $30 \text{ nBq} = 3.0 \times 10^7 \text{ fBq}$
- 2 $100 \mu\text{Sv} \cdot \text{MBq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1} = 1.0 \times 10^2 \text{ pSv} \cdot \text{Bq}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$
- 3 $200 \text{ fm}^2 = 2.0 \times 10^{-1} \text{ pm}^2$
- 4 $0.1 \text{ nJ} \cdot \text{kg}^{-1} = 1.0 \times 10^{-1} \text{ pJ} \cdot \text{g}^{-1}$
- 5 $0.3 \text{ m} \cdot \mu\text{s}^{-2} = 3.0 \times 10^{13} \text{ cm} \cdot \text{s}^{-2}$

問22 次の量とSI単位の組合せのうち、正しいものはどれか。

- | | | |
|--------------|---|---|
| 1 吸収線量 | — | $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}\cdot\text{kg}^{-1}$ |
| 2 照射線量 | — | $\text{A}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ |
| 3 線エネルギー吸収係数 | — | $\text{m}\cdot\text{kg}\cdot\text{s}^{-2}$ |
| 4 質量減弱係数 | — | $\text{m}\cdot\text{kg}^{-1}$ |
| 5 質量阻止能 | — | $\text{m}^4\cdot\text{s}^{-2}$ |

問23 分解時間200 μs のGM計数管を用いて計数したところ、計数率 $1,800 \text{ s}^{-1}$ を得た。このとき真の計数率 $[\text{s}^{-1}]$ として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 1,900 2 2,200 3 2,500 4 2,800 5 3,100

問24 次の検出器のうち、 ^{90}Sr — ^{90}Y から放出される β 線のエネルギースペクトルの測定に適したものの組合せはどれか。

- A Si(Li)検出器
- B NaI(Tl)シンチレーション検出器
- C 自由空気電離箱
- D プラスチックシンチレーション検出器

- 1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問25 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ^{241}Am による表面汚染密度をZnS(Ag)シンチレーション式サーベイメータを用いて測定した。
- B トリチウムによる表面汚染測定のため、スミア試料を液体シンチレーションカウンタを用いて測定した。
- C 土壌試料中の ^{137}Cs の濃度をGe検出器を用いて測定した。
- D 高速中性子のエネルギースペクトルを有機液体シンチレーション検出器を用いて測定した。

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

問26 電子平衡条件下で有感体積 1.0 cm^3 の空気空洞電離箱に γ 線を照射したところ 10 nC の電荷を得た。電子の空気に対するW値を 34 eV 、このときの空気の密度を $1.3\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ とすると、空気の吸収線量[Gy]として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 0.26 2 0.38 3 2.6 4 3.8 5 4.4

問27 気体を用いた放射線検出器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 比例領域では、吸収されたエネルギーに比例したパルス波高が得られる。
- B 電離箱領域では、一次電荷を直接収集する。
- C GM領域では、一次イオン対数に依存しないパルス波高が得られる。
- D 印加電圧の上昇とともに、電離箱領域、制限比例領域、比例領域、GM領域、放電領域が順に現れる。

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

問28 次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 熱ルミネセンス線量計は、蛍光中心に捕捉された電子を加熱により解放した際に放出される光を利用する。
- 2 蛍光ガラス線量計は、可視光レーザーを照射して発生する蛍光を利用する。
- 3 OSL線量計は、炭素を添加した酸化アルミニウムを母材としている。
- 4 固体飛跡検出器の母材には、ポリカーボネート、CR-39プラスチック、マイカなどが使われる。
- 5 一部の熱ルミネセンス線量計は熱中性子の測定に使用できる。

問29 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A CR-39は、荷電粒子や核分裂片に感度を有するが、速中性子や光子には感度はない。
B 蛍光ガラス線量計は、読み取ることにより信号が消えないので、繰り返し測定が可能である。
C DIS線量計は不揮発性半導体メモリを用いており、半導体検出器と同様に、空乏層中に生成される電子-正孔対を利用して放射線を測定する。
D OSL線量計は、熱ルミネセンス線量計よりもフェーディングの影響が小さい。
- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問30 次の放射性核種が体内に存在する場合、その核種から放出される放射線を体外で直接検出することが著しく困難なものはどれか。

- 1 ^{40}K 2 ^{131}I 3 ^{137}Cs 4 ^{210}Po 5 ^{239}Pu

