

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つたら、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 次の記述のうち、相対論的立場から正しいものの組合せはどれか。

- A 光子のエネルギーは、波長に逆比例する。
- B 光子の運動量は、エネルギーに比例する。
- C 粒子のド・ブロイ波長は、運動量に逆比例する。
- D 粒子の運動量は、速度に比例する。

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

問 2 水に 2 Gy の吸収線量が与えられた場合、平均の温度上昇(°C)として最も近い値はどれか。

ただし、この水は断熱環境下であり、照射による吸収エネルギーはすべて温度上昇に費やされるものとする。

1 1.0×10^{-4} 2 5.0×10^{-4} 3 1.0×10^{-3} 4 2.0×10^{-3} 5 5.0×10^{-3}

問 3 次の基礎定数とその単位に関して、正しいものはどれか。

- 1 ボルツマン定数 — J·K
- 2 アボガドロ定数 — mol·kg⁻¹
- 3 プランク定数 — J·s
- 4 ファラデー定数 — J·mol⁻¹·K⁻¹
- 5 リュードベリ定数 — m

問 4 原子核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 原子核の半径は 10^{-14} m より小さい。
- B 原子核を構成する核子には、中性子、陽子及び電子がある。
- C 核子間の結合力は、距離の 2 乗に反比例する。
- D ⁵⁶Fe の原子核においては核子当たりの結合エネルギーは 8 MeV 程度である。

1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問5 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 同時にニュートリノが放出される。
- B 原子核の励起エネルギーの放出過程である。
- C 原子の軌道電子が放出される。
- D 原子番号が1つ増加する。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問6 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 内部転換に伴って特性X線が放出されることがある。
- B 光電効果に伴って特性X線が放出されることがある。
- C 特性X線の波長は制動X線の波長より長い。
- D 同じ原子において、KX線の波長はLX線の波長より長い。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問7 次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 ^{22}Na の半減期は、 ^{24}Na の半減期より短い。
- 2 ^{57}Co の半減期は、 ^{60}Co の半減期より短い。
- 3 ^{125}I の半減期は、 ^{131}I の半減期より短い。
- 4 ^{134}Cs の半減期は、 ^{137}Cs の半減期より長い。
- 5 ^{235}U の半減期は、 ^{238}U の半減期より長い。

問8 次のうち、純 β 線放出核種でないものはどれか。

- 1 ^{14}C 2 ^{35}S 3 ^{47}Ca 4 ^{90}Sr 5 ^{90}Y

問9 $^{232}_{90}\text{Th}$ が $^{208}_{82}\text{Pb}$ に壊変するまでに起こる壊変の回数の正しい組合せはどれか。

< α 壊変の回数 > < β^- 壊変の回数 >

- | | | |
|---|---|---|
| 1 | 5 | 3 |
| 2 | 5 | 4 |
| 3 | 6 | 3 |
| 4 | 6 | 4 |
| 5 | 6 | 5 |

問 10 加速器に関する次の関連のうち、適切なものの組合せはどれか。

- | | | | |
|---|------------------|---|-------|
| A | シンクロトロン | — | 静磁場 |
| B | サイクロトロン | — | ディー電極 |
| C | ファン・デ・グラーフ型加速器 | — | 高周波電圧 |
| D | コッククロフト・ワルトン型加速器 | — | 絶縁ベルト |

- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 BCDのみ 4 ABCDすべて
5 1から4の選択肢以外

問 11 熱中性子と ^3He との核反応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 水素の原子核(陽子)が放出される。
B トリチウムの原子核が放出される。
C 重水素の原子核が放出される。
D ヘリウムの原子核が放出される。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 12 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ^{24}Na から放出される γ 線を重水に照射すると、中性子が放出される。
B ^{226}Ra から放出される α 線をベリリウムに照射すると、中性子が放出される。
C 150 keV の ^2H ビームを ^3H に照射すると、中性子が放出される。
D ^{241}Am から放出される α 線を天然ホウ素に照射すると、中性子が放出される。

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

問 13 1 MeV の陽電子線を銅に照射したときに放出されない放射線はどれか。

- 1 制動放射線
2 消滅放射線
3 特性 X 線
4 内部転換電子
5 オージェ電子

問 14 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 真空中では陽電子は安定である。
- B 消滅光子のエネルギーは、ドップラー効果により広がりを持つ。
- C 陽電子の消滅に際して、3個の消滅光子を放出することがある。
- D 陽電子と電子がポジトロニウムをつくる。

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

問 15 5 MeV の α 線に対するアルミニウム中の飛程を R_{Al} [cm]、鉄中の飛程を R_{Fe} [cm] とすると、飛程の比 (R_{Al}/R_{Fe}) に最も近い値は、次のうちどれか。ただし、アルミニウム及び鉄の密度は、それぞれ $2.7 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 、 $7.9 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ である。

1 0.1 2 0.5 3 1 4 2 5 3

問 16 4.8 MeV の α 線が空气中で停止するまでの間に生成するイオン対数として、最も近い値は次のうちどれか。

1 1.4×10^3 2 7.2×10^3 3 1.4×10^4 4 7.2×10^4 5 1.4×10^5

問 17 次の3つの荷電粒子に対する水中飛程の大小関係として、最も適切なものはどれか。

- A 100 MeV の陽子
- B 200 MeV の重陽子
- C 1200 MeV の ^{12}C 原子核

1 $A < B < C$ 2 $B < A < C$ 3 $C < A < B$ 4 $C < B < A$
5 1 から 4 の選択肢以外

問 18 2 MeV の光子における線減弱係数と線エネルギー転移係数とが異なる要因として、正しいものの組合せはどれか。

- A 2次電子の放射エネルギー損失
- B コンプトン散乱光子の放出
- C 軌道電子の結合エネルギー
- D 電子-陽電子対の生成

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

問 19 コンプトン散乱に関する次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

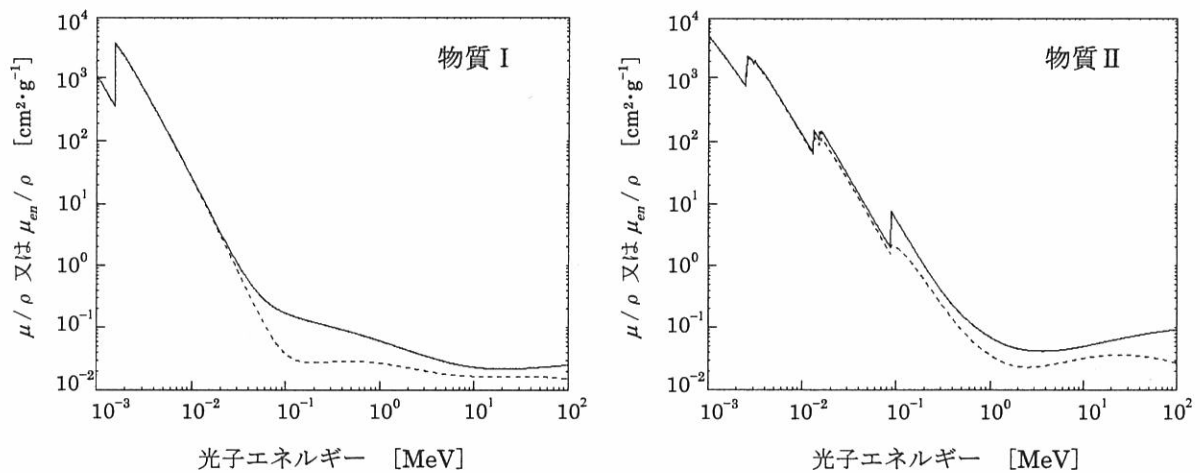
- A 入射光子と軌道電子との非弾性衝突である。
- B 電子のコンプトン波長は散乱角 90° の散乱光子の波長と入射光子の波長との差に等しい。
- C コンプトン電子は光子の入射方向と逆向きには反跳されない。
- D 入射光子のエネルギーが大きくなるほど後方への散乱光子の割合が大きくなる。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 20 コリメートされた 1 MeV 光子がコンクリート(密度: $2.35 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)に入射するとき、最初に相互作用を起こすまでのコンクリート中での平均距離(m)として最も近い値はどれか。ただし、 1 MeV 光子に対する質量減弱係数を $6.38 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ とする。

- 1 0.07 2 0.1 3 0.13 4 0.16 5 0.19

問 21 異なる物質 I 及び物質 II に対する質量減弱係数 (μ / ρ) 及び質量エネルギー吸収係数 (μ_{en} / ρ) を下図に示す。これらの図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 原子番号が小さいのは物質 I である。
- B 物質 I における図の低エネルギー域で見られる曲線の不連続部分は K 吸収端である。
- C 物質 II における図で実線と点線の重なる領域は主に光電効果に起因する。
- D 実線は質量減弱係数を表す。

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

問 22 次の反応のうち、中性子捕獲反応はどれか。

- 1 (n, α) 2 (n, p) 3 (n, n') 4 (n, f) 5 (n, γ)

問 23 量と単位に関する次の関係のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A コーマ — $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$
B 質量阻止能 — $\text{MeV} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m}^2$
C 線エネルギー吸収係数 — $\text{MeV} \cdot \text{m}^{-2}$
D 粒子フルエンス — $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

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

問 24 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A W値は電子線に対して用いることができる。
B コーマは光子線に対して用いることができる。
C 照射線量は中性子線に対して用いることができる。
D 吸収線量は陽子線に対して用いることができる。

- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 BCDのみ 4 ABCDすべて
5 1から4の選択肢以外

問 25 十分に長い半減期を持つ放射線源からの β 線を1秒間ずつ1000回計数したところ、平均値として200カウントを得た。この場合、計数値が228を超えた回数として期待される数は、次のうちどれか。

- 1 15 2 20 3 25 4 30 5 50

問 26 ^{32}P 線源をGM管式計数装置で1分間測定したところ、60,000カウントであった。 ^{32}P の半減期に相当する14.3日後に同じ条件で測定したところ、1分間に33,000カウントを得た。この計数装置の分解時間(μs)として最も近い値は次のうちどれか。ただし、バックグラウンドは無視できるものとする。

- 1 150 2 180 3 200 4 220 5 250

問 27 時定数 10 s のサーベイメータに急激に一定の強さの放射線を照射した場合、指示値が最終値の 90 % になるのに要する時間 (s) として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、計数率はバックグラウンド計数率よりも十分高いものとする。また、 $\ln 10 = 2.3$ とする。

- 1 20 2 23 3 26 4 29 5 32

問 28 次の検出器のうち、熱中性子の測定に用いられるものの組合せはどれか。

- A 水素充填^{てん}比例計数管
- B BF_3 比例計数管
- C 金箔と放射能測定器
- D ^3He 比例計数管
- E ポリエチレンラジエータ付き Si 半導体検出器

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

問 29 光子に対する個人被ばく線量測定に用いられる測定器として、正しいものの組合せはどれか。

- A OSL 線量計
- B 蛍光ガラス線量計
- C TLD
- D 放射化箔検出器
- E 固体飛跡検出器

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

問 30 次のうち、シンチレーション検出器に関係のあるものの組合せはどれか。

- A POPOP
- B 光電陰極
- C スチルベン
- D アクチベータ (活性体)

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