

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（HB又はB）又はシャープペンシル、鉛筆削り、プラスチック消しゴム、時計に限ります。電卓機能・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）の使用はできません。
- ③ 試験中に携帯電話等の通信機器は使用できません。（電源を切ってください。）
- 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。
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。
なお、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（HB又はB）又はシャープペンシルを使用し、記入を訂正する場合にはプラスチック消しゴムできれいに消してください。また、消しきずは残さないようにしてください。
- ③ 解答用紙の所定の欄に受験番号・氏名・試験地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マークしてください。
- 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、必要とされる記入事項が正しく記入されていない場合には採点されません。

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 次のうち、最も波長の短いものはどれか。ただし、プランク定数を $6.63 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$ 、 $1 \text{eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{J}$ 、電子の静止質量を $9.11 \times 10^{-31} \text{kg}$ とする。

- 1 4.8keV の X線
- 2 波長 1\AA の電磁波
- 3 速度 $1 \times 10^5 \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ の電子
- 4 100GHz の電磁波
- 5 波長 $0.1 \mu\text{m}$ の紫外線

問2 1MeV の陽子が真空中を 1m 飛行するのに要する時間として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 20ps
- 2 0.51ns
- 3 1.4ns
- 4 73ns
- 5 1.2 μs

問3 オージェ電子放出の起因事象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 γ 線による光電子の放出
- B γ 線による電子対の生成
- C 内部転換による電子の放出
- D 軌道電子捕獲(EC)による壊変

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

問4 水素原子核の直径(m)として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 1×10^{-16}
- 2 3×10^{-15}
- 3 6×10^{-14}
- 4 1×10^{-12}
- 5 3×10^{-11}

問5 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 原子核の結合エネルギーは、核子の種類に依存する。
- B 核子当たりの結合エネルギーは、質量数 60 近くで最大となる。
- C 原子核内の陽子と陽子との間には、核力のほかにクーロン力が働く。
- D 核子当たりの平均結合エネルギーは、15~18MeV である。
- E 核子間の結合エネルギーは、核子間の距離の逆二乗に比例する。

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

問6 ^{90}Sr (半減期 28 年) 1mg と放射平衡にある ^{90}Y (半減期 64 時間)の質量(mg)として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 1.4×10^{-5}
- 2 2.6×10^{-4}
- 3 5.1×10^{-3}
- 4 3.2×10^{-2}
- 5 1.0

問7 陽子数が Z 、中性子数が N の原子核を $[Z, N]$ で表すと、次のうち正しいものの組合せはどれか。

A α 壊変: $[Z, N] \rightarrow [Z-2, N-2] + \alpha$

B β^- 壊変: $[Z, N] \rightarrow [Z+1, N] + \beta^- + \bar{\nu}$

C β^+ 壊変: $[Z, N] \rightarrow [Z+1, N] + \beta^+ + \nu$

D γ 遷移: $[Z, N] \rightarrow [Z, N] + \gamma$

E EC 壊変: $[Z, N] + e^- \rightarrow [Z-1, N+1] + \nu$

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

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 内部転換は、質量数が小さい原子核よりも大きい原子核で多くみられる。

B 内部転換電子は、線スペクトルを示す。

C 原子核内の中性子が内部転換して陽子となる場合がある。

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。

E 内部転換が起こっても、原子番号は変わらない。

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

問9 荷電粒子の加速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 サイクロトロンでは、角速度一定の条件で円軌道運動させ、軌道半径を大きくしながら加速する。

B シンクロトロンでは、磁場を変化させて一定の軌道を周回させ、高周波電場により加速する。

C 直線加速器では、直線軸上に電極を並べ高周波電場を用いて加速する。

D コッククロフト・ワルトン型加速器では、直流電場を多段の整流器とコンデンサを結合した回路で発生させ加速する。

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

問10 核種 X が核反応 $X(p, 3n)Y$ により核種 Y になり、さらに核種 Y が軌道電子捕獲(EC)により壊変して核種 Z になるとき、次の記述のうち正しいものの組合せはどれか。

A 核種 Y の原子番号は、核種 X より 1 つ減少する。

B 核種 Y の質量数は、核種 X より 2 つ減少する。

C 核種 Z の陽子数は、核種 X と同じである。

D 核種 Z の中性子数は、核種 X より 3 つ減少する。

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

問 11 核反応 $^{14}\text{N}(\alpha, p)^{17}\text{O}$ の Q 値は -1.19MeV である。この反応が起きる α 線のしきいエネルギー (MeV) に最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 0.7 2 0.9 3 1.1 4 1.3 5 1.5

問 12 速中性子の選択的な測定に用いることができる核反応は、次のうちどれか。

- 1 $^3\text{He}(n, p)^3\text{H}$ 2 $^6\text{Li}(n, \alpha)^3\text{H}$ 3 $^{10}\text{B}(n, \alpha)^7\text{Li}$
4 $^{235}\text{U}(n, f)$ 5 $^{238}\text{U}(n, f)$

問 13 同一速度の陽子、重陽子及び α 粒子の同一物質中での飛程をそれぞれ R_p 、 R_d 、 R_α とするとき、飛程の大小関係として、正しいものは次のうちどれか。

- 1 $R_\alpha = R_d < R_p$ 2 $R_p = R_\alpha < R_d$ 3 $R_\alpha < R_d = R_p$
4 $R_p < R_\alpha = R_d$ 5 $R_d < R_\alpha < R_p$

問 14 チェレンコフ光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 荷電粒子が物質中を光速より速く進むときに放射される。
B 荷電粒子の進行方向を知ることができる。
C 発光の持続時間がシンチレーション発光に比べて短い。
D 荷電粒子が減速されるときに放射される。
E 荷電粒子が結晶の格子面に沿って進むときに放射される。
- 1 ABCのみ 2 ABEのみ 3 ADEのみ 4 BCDのみ 5 CDEのみ

問 15 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A β 線に対する気体の W 値は、その気体の電離エネルギーにほぼ等しい。
B ヘリウム、アルゴン及び空気の β 線に対する W 値をそれぞれ W_{He} 、 W_{Ar} 、 W_{air} とすると、その大きさは $W_{\text{He}} > W_{\text{Ar}} > W_{\text{air}}$ の順となる。
C 4MeV の α 線と 2MeV の β 線に対する空気の W 値は、 α 線の方が β 線よりも約 2 倍大きい。
D W 値とは、荷電粒子により物質中に 1 対のイオン-電子対を生成するために必要な平均エネルギーである。
- 1 ACDのみ 2 ABのみ 3 BCのみ 4 Dのみ 5 ABCDすべて

問 16 次の物質のうち、その物質中での 5.3MeV α 線の飛程($\text{mg}\cdot\text{cm}^{-2}$)が最も大きいものはどれか。

- 1 水素 2 空気 3 水 4 銅 5 金

問 17 γ 線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 レイリー散乱において散乱前後のエネルギーは変化しない。
 B 光電効果は内殻電子よりも外殻電子の方が起きやすい。
 C コンプトン散乱は対象物質の原子番号に比例して起きる。
 D 電子対生成が起きると陽電子と電子が常に正反対方向に放出される。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 18 エネルギー $h\nu$ の光子のコンプトン散乱による線エネルギー転移係数 σ_{ac} 、線減弱係数 σ_c 、コンプトン電子の平均エネルギー \bar{E}_c の関係式として、正しいものは次のうちどれか。ただし、 mc^2 は電子の静止エネルギーとする。

- 1 $\sigma_{ac} = \sigma_c \frac{h\nu}{\bar{E}_c}$ 2 $\sigma_{ac} = \sigma_c \left(1 - \frac{2mc^2}{h\nu}\right)$ 3 $\sigma_{ac} = \sigma_c \bar{E}_c$
 4 $\sigma_{ac} = \sigma_c \left(1 - \frac{\bar{E}_c}{h\nu}\right)$ 5 $\sigma_{ac} = \sigma_c \frac{\bar{E}_c}{h\nu}$

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 コンプトン散乱は、非干渉性の散乱である。
 B コンプトン散乱では、入射光子の全エネルギーを電子に与えることはできない。
 C コンプトン散乱によって特性X線が放射されることはない。
 D コンプトン電子は、入射光子のエネルギーが小さくなるとその後方に散乱されることがある。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 20 次の (A) ~ (C) に入る数値の組合せのうち、正しいものはどれか。

γ 線と物質の相互作用において、光電効果、コンプトン散乱及び電子対生成の断面積は、それぞれ物質の原子番号の (A) 乗、(B) 乗、(C) 乗に比例する。

- | | (A) | (B) | (C) |
|---|-------|-------|-------|
| 1 | 5 | 3 | 1 |
| 2 | 5 | 2 | 2 |
| 3 | 5 | 1 | 2 |
| 4 | 3 | 2 | 1 |
| 5 | 3 | 1 | 2 |

問 21 中性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 原子を直接電離して陽イオンを生成する。
- B 壊変して電子と反ニュートリノを放出し陽子に変わる。
- C 光子と同様に回折現象を起こす。
- D 原子核と核反応を起こす。
- E 原子核のクーロン場で散乱してエネルギーを失う。

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

問 22 中性子のエネルギーを測定する方法として、不適切なものは次のうちどれか。

- 1 飛行時間 (TOF) 法
- 2 放射化法
- 3 ロングカウンタ法
- 4 ボナーカウンタ法
- 5 カウンタテレスコープ法

問 23 10MeV 中性子が ^{12}C の原子核に衝突した場合、1 回の衝突で ^{12}C の原子核に移行し得る最大のエネルギー (MeV) として最も近い値は、次のうちどれか。

1 0.5 2 1.1 3 1.8 4 2.8 5 10

問 24 量と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 熱量 — J
- 2 線減弱係数 — m
- 3 質量阻止能 — $\text{J}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kg}^{-1}$
- 4 放射能 — s^{-1}
- 5 照射線量 — $\text{C}\cdot\text{kg}^{-1}$

問 25 GM 計数管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 初期の電離量に比例した出力パルスが得られる。
- B 増幅度の大きい増幅器を必要とする。
- C 連続放電を防ぐためクエンチングガスを用いる。
- D ガス増幅の過程に紫外線が寄与する。
- E 比例計数管に比べて分解時間が長い。

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

問 26 次のシンチレータのうち、1MeV の γ 線に対して全吸収ピーク検出効率の最も高いものはどれか。ただし、シンチレータの形状は同じであるとする。

- 1 BaF₂ 2 NaI(Tl) 3 CsI(Tl) 4 Bi₄Ge₃O₁₂ 5 CaF₂(Eu)

問 27 試料 A と試料 B の放射能をそれぞれ S_A 、 S_B とする。これらの放射能を同一の測定条件で測定したところ、バックグラウンドを差し引いた後の A の計数率は 5000 ± 20 (cpm)、B の計数率は 4000 ± 18 (cpm) であった。両試料の放射能比 (S_A/S_B) 及びその誤差として最も適切な値は、次のうちどれか。

- 1 1.250 ± 0.003 2 1.250 ± 0.005 3 1.250 ± 0.006
4 1.250 ± 0.008 5 1.250 ± 0.010

問 28 放射線と検出器の組合せのうち、その放射線エネルギーの測定ができないものは次のうちどれか。

- 1 γ 線 - 空気電離箱
2 γ 線 - NaI(Tl) シンチレーション検出器
3 α 線 - グリッド付電離箱
4 α 線 - 表面障壁型 Si 半導体検出器
5 速中性子 - 液体シンチレーション検出器

問 29 次の蓄積型放射線検出器のうち、フェーディングが少ないものの組合せはどれか。

- A 熱蛍光線量計 (TLD)
B イメージングプレート
C フィルムバッジ
D 蛍光ガラス線量計
E OSL 線量計

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

問 30 $^{90}\text{Sr}-^{90}\text{Y}$ の β 線のエネルギースペクトル測定に最も適している検出器は次のうちどれか。

- 1 比例計数管
2 NaI(Tl) シンチレーション検出器
3 プラスチックシンチレーション検出器
4 Ge 検出器
5 GM 計数管