

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：15:30～17:20（1時間50分）

2 問題数：

五肢択一式 30問（30点）、多肢択一式 2問（30点）（60点満点）（14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入れてください。
- 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、記入欄以外の余白には、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。

次の問 1 から問 30 について、5 つの選択肢のうち適切な答えを 1 つだけ 選び、また、問 31、問 32 の文章の の部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答えを 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 質量 m の粒子が光速 c の $1/2$ の速度で運動しているときの全エネルギーとして、正しいものは次のうちどれか。

- 1 mc^2 2 $\frac{2}{\sqrt{3}}mc^2$ 3 $2mc^2$ 4 $2\sqrt{3}mc^2$ 5 $4mc^2$

問 2 X 線発生装置の管電圧を 120 kV としたときに発生する X 線の最短波長[nm]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 $6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ とする。

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

問 3 次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 中性子の質量は陽子の質量より大きい。
- 2 中性子のスピンは 0 である。
- 3 鉄の安定な同位体では原子核内の中性子数は陽子数より多い。
- 4 重陽子の質量は陽子の質量の 2 倍よりも小さい。
- 5 原子核の半径は質量数の 3 分の 1 乗に比例する。

問 4 放射性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 陽子は原子核外で壊変しない。
- B 中性子は原子核外で壊変しない。
- C 原子核内の中性子は β^+ 壊変して陽子になることがある。
- D 原子核内の陽子は電子捕獲して中性子になることがある。
- E 原子核内の中性子数は、 α 壊変が起きると 2 減少する。

- 1 ABEのみ 2 ACDのみ 3 ADEのみ 4 BCDのみ 5 BCEのみ

問5 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ^{11}C は ^{11}B の鏡映核である。
- B ^{43}K は ^{45}Sc の同中性子体である。
- C ^{90}Sr は ^{90}Y の核異性体である。
- D ^{90}Sr は ^{90}Zr の同重体である。
- E ^{144}Ce はセリウムの安定同位体である。

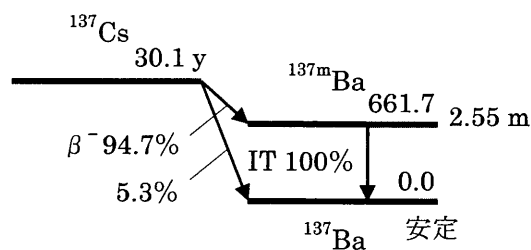
- 1 ABDのみ 2 ABEのみ 3 ACDのみ 4 BCEのみ 5 CDEのみ

問6 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 真空中で陽電子は安定である。
- B 陽電子と電子でポジトロニウムをつくる。
- C 消滅放射線のエネルギーは、ドップラー効果により広がりを持つ。
- D 電子対消滅では、3個の消滅放射線を放出することがある。

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

問7 1.0 MBq の ^{137}Cs 線源から放出される 661.7 keV 光子の毎秒の平均個数 $[\text{s}^{-1}]$ として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ の内部転換係数を 0.11 とする。



- 1 1.0×10^6 2 9.5×10^5 3 8.9×10^5 4 8.5×10^5 5 5.3×10^4

問8 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 電子捕獲を起こす核種は γ 線を放出しない。
- C 電子捕獲に引き続き特性X線またはオージェ電子が放出される。
- 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 BとC 4 BとD 5 CとD

問9 サイクロトロンにおいて、磁束密度 B の磁場のもとで円運動する荷電粒子（電荷 q 、速度 v 、質量 m ）の角速度として正しいものは、次のうちどれか。

- 1 qvB 2 $\frac{2\pi m}{qB}$ 3 $\frac{qB}{m}$ 4 $\frac{mv}{qB}$ 5 $\frac{qB}{2\pi m}$

問10 タンデム方式ファン・デ・グラーフ型加速器において通常は使用されないものの組合せとして、正しいものは次のうちどれか。

- A 荷電交換膜
- B 負イオン源
- C 交流電磁石
- D ディー電極
- E 絶縁ベルト（絶縁チェーン）

- 1 AとB 2 AとE 3 BとD 4 CとD 5 CとE

問11 熱中性子による ${}^2\text{H}(n, \gamma){}^3\text{H}$ 反応で放出される γ 線のエネルギー[MeV]として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、 n 、 ${}^2\text{H}$ 、及び ${}^3\text{H}$ の質量(原子質量単位)をそれぞれ 1.00866 u、2.01410 u、及び 3.01605 u とする。

- 1 0.511 2 1.02 3 2.20 4 4.30 5 6.25

問 12 励起状態にある複合核が 2 つの原子核 A (質量 M_a) と原子核 B (質量 M_b) に分裂したとき、それぞれの運動エネルギーを E_a 、 E_b とすると、 E_a/E_b と等しいものは、次のうちどれか。ただし、複合核は静止しているものとし、原子核は非相対論的に運動するものとする。

- 1 $\frac{M_a}{M_b}$ 2 $\frac{M_b}{M_a}$ 3 $\sqrt{\frac{M_a}{M_b}}$ 4 $\sqrt{\frac{M_b}{M_a}}$ 5 $\left(\frac{M_a}{M_b}\right)^2$

問 13 加速器施設において最大エネルギー 15 MeV の中性子により放射化されたステンレス管からの γ 線スペクトルを Ge 半導体検出器を用いて測定したところ、122 keV、511 keV、811 keV、835 keV 付近に主なピークが見られた。このときに測定により確認されたステンレス管中の放射性核種として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

- A ${}^7\text{Be}$
 B ${}^{54}\text{Mn}$
 C ${}^{57}\text{Co}$
 D ${}^{58}\text{Co}$

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

問 14 屈折率が 1.5 のガラス中でチェレンコフ光を発生させる電子の最小エネルギー [MeV] として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 0.10 2 0.14 3 0.18 4 0.22 5 0.26

問 15 気体の W 値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 希 (貴) ガスでは、原子番号が大きいほど W 値は大きい。
 B W 値は、気体のイオン化エネルギーより大きい。
 C 入射放射線のエネルギーが 2 倍になると W 値も約 2 倍となる。
 D 空気の W 値は、ヘリウム の W 値よりも小さい。

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

問 16 光子と物質との相互作用に関する次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 光電効果は外殻の電子で生じる確率が大きい。
- 2 光電効果は自由電子に対しても起きる。
- 3 コンプトン散乱の断面積は物質の原子番号に比例する。
- 4 電子対生成の断面積は物質の原子番号に比例する。
- 5 1 MeVの光子は鉄との光核反応で中性子を放出する。

問 17 1.25 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次のうちどれか。

- A 電子-陽電子対の生成
 - 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 二次電子の放射エネルギー損失
- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACDのみ 4 BCDのみ 5 ABCDすべて

問 18 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A コンプトン効果は光子の粒子性を示す現象である。
 - B コンプトン効果は干渉性散乱である。
 - C コンプトン効果に対する質量減弱係数は物質の電子密度に比例する。
 - D コンプトン効果は生体組織の吸収線量に寄与しない。
- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 19 1.0 MeV の γ 線が検出器に入射し、 90° 方向にコンプトン散乱された後、さらに 180° 方向にコンプトン散乱され、検出器外へ逃げるとする。検出器に付与されるエネルギー[MeV]として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 0.15 2 0.35 3 0.55 4 0.70 5 0.85

問 20 熱中性子の検出に用いられる ${}^6\text{Li}$ の (n, α) 反応において、 ${}^6\text{Li}$ と n の質量の合計が 7.02379 u 、生成核の質量の合計が 7.01865 u であるとき、 α 粒子に与えられるエネルギー [MeV] として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 1.8 2 2.1 3 2.4 4 2.7 5 3.0

問 21 次の中性子検出器のうち、主に弾性散乱を利用するものの組合せはどれか。

- A BF_3 比例計数管
- B 有機液体シンチレーション検出器
- C 中性子用熱ルミネセンス線量計
- D 高速中性子用固体飛跡検出器

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 22 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 10 MeV は $1 \times 10^7 \text{ eV}$ である。
- B 100 ps は $1 \times 10^{-10} \text{ s}$ である。
- C 10 TBq は $1 \times 10^{11} \text{ Bq}$ である。
- D 100 nGy は $1 \times 10^{-8} \text{ Gy}$ である。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 23 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 陽電子に対して、カーマは適用できない。
- B X線に対して、カーマを適用できる。
- C 間接電離放射線に対して、吸収線量は適用できない。
- D 中性子に対して、照射線量を適用できる。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 24 次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 放射化検出器は中性子の検出に用いられる。
- 2 TLDでは紫外線刺激による発光現象を利用する。
- 3 シンチレーション検出器は放射線の蛍光作用を利用する。
- 4 電離箱式の照射線量計では電離箱内の空気中につくられたイオンの飽和電流を測る。
- 5 GM計数管は計数ガス中に生じた電子をガス増幅することで大きな出力パルスを生み出す。

問 25 同一の条件で試料 A と試料 B からの放射線をそれぞれ測定した。バックグラウンドを差し引いて得た計数率は、試料 A が $1,200 \pm 36$ cpm、試料 B が 600 ± 24 cpm であった。試料 A と試料 B の計数率の比 2.0 の値に対する誤差（標準誤差）を示す数値として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 0.05 2 0.07 3 0.08 4 0.10 5 0.15

問 26 ^{60}Co からの $1,332$ keV γ 線に対する Ge 検出器の理論的な半値幅 FWHM[keV]として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、ファノ因子 (Fano factor) を 0.1 とし、ゲルマニウムの $W(\epsilon)$ 値を 2.96 eV とする。

- 1 0.63 2 1.5 3 2.8 4 3.8 5 5.0

問 27 ある気体が充填されている電離箱に 100 kBq のトリチウムガスを注入したとき、 3.4 pA の飽和電流が得られた。充填されている気体の W 値[eV]として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、トリチウムから放出される β 線の平均エネルギーは 5.7 keV であり、すべてが気体中で吸収されるものとする。

- 1 21 2 24 3 27 4 30 5 33

問 28 大気の温度が 27°C、気圧が 1,000 hPa の条件下で、大気と平衡にある空気電離箱の照射線量の指示値が $1.0 \text{ C}\cdot\text{kg}^{-1}$ であった。標準状態 (0°C、1,013 hPa) における照射線量 [$\text{C}\cdot\text{kg}^{-1}$] に換算したとき最も近い値は次のうちどれか。

- 1 0.5 2 0.7 3 0.9 4 1.1 5 1.3

問 29 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A Ge半導体検出器は、 ^{134}Cs 線源からの γ 線のエネルギー測定に適していない。
B Si(Li)半導体検出器は、 ^{55}Fe 線源からの X線のエネルギー測定に適している。
C 表面障壁型Si半導体検出器は、 ^{241}Am 線源からの α 線のエネルギー測定に適している。
D Ge半導体検出器は、 ^{137}Cs 線源からの β 線のエネルギー測定に適している。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問 30 放射線測定器で 1 回の測定で計数値が 10,000 カウントであったとき、計数の真の値が 9,700 カウントから 10,300 カウントの範囲に存在する確率 [%] に最も近い値は、次のうちどれか。ただし、放射線測定で得られる計数値の統計的変動はガウス分布に従うものとする。

- 1 50.0 2 68.3 3 90.0 4 95.0 5 99.7

問 31 次の文章の□の部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答えを1つだけ選べ。

薄い金箔に α 線を入射させたときに□A□実験結果が得られたことから、ラザフォードは□B□の原子核を電子が周回する図のような原子模型を提案した。

原子核の原子番号を Z とし、電荷 e 、質量 m_e 、接線方向の速度 v の電子が半径 r の円軌道を描いて回っている場合を考える。このとき、真空の誘電率を ϵ_0 とすると、電子は原子核から中心方向に

$\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$ の□C□力を受ける。そして、(1)式のように□C□力と正反対の方向に働く見かけの力

(遠心力) □ア□が釣り合うことにより、電子が円軌道を描いて回る。

$$\square\text{ア}\square = \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} \quad (1)$$

また、電子の運動エネルギー $T = \square\text{イ}\square$ と原子核が作る静電場内でのポテンシャルエネルギー

$U = -\frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r}$ との和で表される電子の全エネルギー E は、

$$E = T + U = \square\text{イ}\square - \frac{Ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \quad (2)$$

となる。

ところが、この原子模型では、電子の周回による制動放射で電子がエネルギーを徐々に失うことにより円軌道の半径が減少してゆき、最終的には電子が原子核に落ち込んでしまうことから、安定した原子が存在し得ないという問題が解決できなかった。

ボーアは、□D□を仮定した原子模型を提唱し、これを満足する軌道の上に電子があるときのみ安定であると考えた。□D□は、円軌道の周長が電子のド・ブローイ波の波長□ウ□の自然数倍(n 倍)でなければならないことを意味する次式で表される。ここで、 h はプランク定数である。

$$2\pi r = n \times \square\text{ウ}\square \quad (n = 1, 2, 3, \dots) \quad (3)$$

n 番目の円軌道の半径 r_n は、(1)式と(3)式より電子の接線方向の速度 v を消去し、 $F(n)$ を n の□エ□乗とすると、

$$r_n = \square\text{オ}\square \times F(n) \quad (4)$$

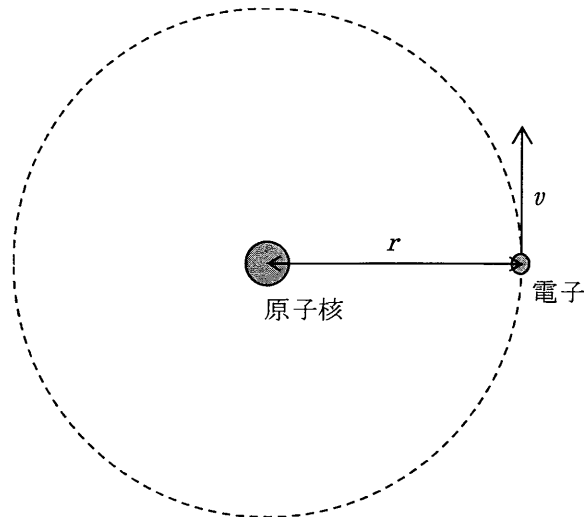
となる。 $n = 1$ の場合の水素原子の半径 r_1 はボーア半径と呼ばれ、その値は□カ□mとなる。ここで、 $m_e = 9.1 \times 10^{-31}$ kg、 $\epsilon_0 = 8.9 \times 10^{-12}$ C²・N⁻¹・m⁻²、 $h = 6.6 \times 10^{-34}$ J・s とする。このとき、 $n = 1, 2, 3$ である電子の軌道を、順に□エ□と呼ぶ。

次に n 番目の円軌道の電子の全エネルギー E_n は、(1)式、(2)式及び(3)式より電子の接線方向の速度 v と円軌道の半径 r を消去し、 $G(n)$ を n の□キ□乗とすると、

$$E_n = \square\text{ク}\square \times G(n) \quad (5)$$

となる。(4)式と(5)式から、原子核を周回する電子の取りうる軌道とエネルギーは離散的であることから、軌道電子が制動放射により連続的にエネルギーを失うことが許されないことになる。

水素原子の場合、を精度よく計算すると -13.6 eV になる。水素原子の $n=3$ の軌道にあった電子が $n=1$ の軌道に遷移することを考える。このとき、遷移の前後の軌道に対応する電子の全エネルギー E_n の差に等しいエネルギーのが放出され、そのエネルギーは約eVとなる。



図

< Aの解答群 >

- | | | |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 α 線が前方に散乱される | 2 α 線が後方に散乱される | 3 α 線が吸収される |
| 4 β 線が前方に放出される | 5 β 線が後方に放出される | 6 γ 線が前方に放出される |
| 7 γ 線が後方に放出される | 8 中性子が前方に放出される | 9 中性子が後方に放出される |

< Bの解答群 >

- | | | | | |
|-------|-------|-------|------|------|
| 1 負電荷 | 2 正電荷 | 3 無電荷 | 4 高温 | 5 低温 |
| 6 強磁性 | 7 弱磁性 | | | |

< Cの解答群 >

- | | | |
|--------|-------|-------------|
| 1 重 | 2 核 | 3 ファンデルワールス |
| 4 クーロン | 5 表面張 | 6 ローレンツ |
| 7 復元 | 8 起電 | |

< ア、イの解答群 >

- | | | | | |
|-------------------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|
| 1 $\frac{1}{2}m_e v$ | 2 $m_e v$ | 3 $2m_e v$ | 4 $\frac{1}{2}m_e v^2$ | 5 $m_e v^2$ |
| 6 $2m_e v^2$ | 7 $\frac{m_e v}{2r}$ | 8 $\frac{m_e v}{r}$ | 9 $\frac{m_e v^2}{2r}$ | 10 $\frac{m_e v^2}{r}$ |
| 11 $\frac{m_e v}{2r^2}$ | 12 $\frac{m_e v}{r^2}$ | 13 $\frac{m_e v^2}{2r^2}$ | 14 $\frac{m_e v^2}{r^2}$ | |

<Dの解答群>

- | | | | |
|------------|-----------|----------|------------|
| 1 ドップラー効果 | 2 ホール効果 | 3 トンネル効果 | 4 ディラックの真空 |
| 5 ゼーマン効果 | 6 パウリの排他律 | 7 量子暗号 | 8 荷電粒子平衡 |
| 9 しきいエネルギー | 10 しきい線量 | 11 量子条件 | 12 不確定性原理 |

<ウの解答群>

- | | | | | |
|---------------------|-----------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|
| 1 $h\nu$ | 2 $h\nu^2$ | 3 $hm_e v$ | 4 $hm_e v^2$ | 5 $\frac{1}{2}hm_e v^2$ |
| 6 $\frac{m_e v}{h}$ | 7 $\frac{m_e v^2}{h}$ | 8 $\frac{m_e v^2}{2h}$ | 9 $\frac{h}{m_e v}$ | 10 $\frac{h}{m_e v^2}$ |

<エの解答群>

- | | | | | |
|------|------|------|------|-----|
| 1 -4 | 2 -3 | 3 -2 | 4 -1 | 5 0 |
| 6 1 | 7 2 | 8 3 | 9 4 | |

<オの解答群>

- | | | | | |
|--|--|---|--|---|
| 1 $\frac{\epsilon_0 Ze^2 h}{2\pi m_e}$ | 2 $\frac{\epsilon_0 Ze^2 h}{\pi m_e}$ | 3 $\frac{2\epsilon_0 Ze^2 h}{\pi m_e}$ | 4 $\frac{\epsilon_0 Ze^2 h^2}{2\pi m_e}$ | 5 $\frac{\epsilon_0 Ze^2 h^2}{\pi m_e}$ |
| 6 $\frac{2\epsilon_0 Ze^2 h^2}{\pi m_e}$ | 7 $\frac{\epsilon_0 h^2}{2\pi m_e Ze^2}$ | 8 $\frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m_e Ze^2}$ | 9 $\frac{2\epsilon_0 h^2}{\pi m_e Ze^2}$ | 10 $\frac{Ze^2}{2\epsilon_0 h^2}$ |
| 11 $\frac{Ze^2}{\epsilon_0 h^2}$ | 12 $\frac{2Ze^2}{\epsilon_0 h^2}$ | 13 $\frac{\epsilon_0 h}{2Ze^2}$ | 14 $\frac{\epsilon_0 h}{Ze^2}$ | 15 $\frac{2\epsilon_0 h}{Ze^2}$ |

<カの解答群>

- | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 2.2×10^{-18} | 2 5.3×10^{-18} | 3 7.9×10^{-18} | 4 2.2×10^{-15} | 5 5.3×10^{-15} |
| 6 7.9×10^{-15} | 7 2.2×10^{-11} | 8 5.3×10^{-11} | 9 7.9×10^{-11} | 10 2.2×10^{-7} |
| 11 5.3×10^{-7} | 12 7.9×10^{-7} | | | |

<Eの解答群>

- | | | |
|----------------|----------------|----------------|
| 1 s軌道、p軌道、d軌道 | 2 s軌道、d軌道、p軌道 | 3 d軌道、s軌道、p軌道 |
| 4 d軌道、p軌道、s軌道 | 5 p軌道、d軌道、s軌道 | 6 p軌道、s軌道、d軌道 |
| 7 A軌道、B軌道、C軌道 | 8 C軌道、B軌道、A軌道 | 9 K軌道、L軌道、M軌道 |
| 10 M軌道、L軌道、K軌道 | 11 X軌道、Y軌道、Z軌道 | 12 Z軌道、Y軌道、X軌道 |

<キの解答群>

- | | | | | |
|------|------|------|------|-----|
| 1 -4 | 2 -3 | 3 -2 | 4 -1 | 5 0 |
| 6 1 | 7 2 | 8 3 | 9 4 | |

<クの解答群>

1	$-\frac{m_e Z e^2}{8 \epsilon_0^2 h}$	2	$-\frac{m_e Z e^2}{4 \epsilon_0^2 h}$	3	$-\frac{m_e Z^2 e^4}{8 \epsilon_0^2 h^2}$	4	$-\frac{m_e Z^2 e^4}{4 \epsilon_0^2 h^2}$	5	$-\frac{Z e^2}{8 \pi \epsilon_0 h}$
6	$-\frac{Z e^2}{4 \pi \epsilon_0 h}$	7	$-\frac{Z e^2}{4 \epsilon_0 h}$	8	$-\frac{Z e^2}{2 \epsilon_0 h}$	9	$-\frac{\epsilon_0 h}{2 Z e^2}$	10	$-\frac{2 \epsilon_0 h}{Z e^2}$
11	$-\frac{4 \epsilon_0 h}{Z e^2}$								

<Fの解答群>

- | | | | | | | | |
|---|--------|---|---------|---|----------|---|-------------|
| 1 | 光子 | 2 | 陽電子 | 3 | 陽子 | 4 | 中性子 |
| 5 | ニュートリノ | 6 | 反ニュートリノ | 7 | μ 粒子 | 8 | α 粒子 |

<ケの解答群>

- | | | | | | | | | | |
|---|-----|---|-----|---|-----|---|----|---|----|
| 1 | 4.0 | 2 | 6.0 | 3 | 8.0 | 4 | 10 | 5 | 12 |
| 6 | 14 | | | | | | | | |

問 32 次の I～III の文章の [] の部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答えを 1 つだけ選べ。

I 荷電粒子は物質中を通過するとき、電離作用と励起作用により、電子の場合はさらに制動放射によって、連続的にエネルギーを失う。荷電粒子が物質中で厚さ dx 当たりに失うエネルギー dE の割合を阻止能 S ($=-dE/dx$) といい、電離・励起によるものを衝突阻止能 S_C 、制動放射によるものを [A] 阻止能 S_R と呼ぶ。ベーテの式によれば、荷電粒子に対する衝突阻止能は標的物質の [B] に比例して増大する。また、 S_C を標的物質の密度 ρ で除した [C] 衝突阻止能 S_C/ρ は、物質の [D] と [E] の比 ($[D]/[E]$) に比例し、そのため近似的には物質に依存しない。

< A、B の解答群 >

- | | |
|--------------|-----------------|
| 1 励起 | 2 電離 |
| 3 制動 | 4 放射 |
| 5 誘導 | 6 吸収 |
| 7 質量 | 8 質量数 |
| 9 電子密度 | 10 平均イオン化ポテンシャル |
| 11 平均励起エネルギー | |

< C～E の解答群 >

- | | |
|-------------|----------------|
| 1 質量 | 2 体積 |
| 3 密度 | 4 原子半径 |
| 5 原子番号 | 6 原子量 |
| 7 平均励起エネルギー | 8 平均イオン化ポテンシャル |
| 9 電離密度 | 10 比電離 |

II ベーテの式によると、電荷数 z 、エネルギー E 、質量 M の非相対論的な粒子に対して、 S_C は [F] に比例し、飛程は [G] に比例する。同一速度の 2 つの粒子、粒子 1 (電荷数 z_1 、エネルギー E_1 、質量 M_1) 及び粒子 2 (電荷数 z_2 、エネルギー E_2 、質量 M_2) が、標的物質に入射し同じ S_C を与える場合は、2 つの粒子のエネルギーの比 E_1/E_2 は、[H] となる。この比 E_1/E_2 は、粒子 2 が陽子のとき、粒子 1 が三重陽子の場合は [ア]、粒子 1 が α 粒子の場合は [イ] となる。また、粒子 1 及び粒子 2 の飛程を R_1 及び R_2 とすると、粒子の速度は等しいので、粒子の飛程の比 R_1/R_2 は [I] で与えられる。これを用いると、4 MeV の α 粒子の飛程 R_α とそれと等速の陽子の飛程 R_p の比 R_α/R_p は [ウ] となる。

< F ~ I の解答群 >

1 $\frac{Mz^2}{E}$	2 $\frac{Mz}{E^2}$	3 $\frac{Mz^2}{E^2}$	4 $\frac{ME^2}{z^2}$
5 $\frac{z^2}{EM}$	6 $\frac{z}{E^2M}$	7 $\frac{E^2}{z^2M}$	8 $\frac{M_1}{M_2} \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2$
9 $\frac{M_1}{M_2} \cdot \frac{z_1}{z_2}$	10 $\frac{M_1}{M_2} \left(\frac{z_2}{z_1} \right)^2$	11 $\frac{M_1}{M_2} \cdot \frac{z_2}{z_1}$	12 $\frac{M_2}{M_1} \left(\frac{z_1}{z_2} \right)^2$
13 $\frac{M_2}{M_1} \cdot \frac{z_1}{z_2}$	14 $\frac{M_2}{M_1} \left(\frac{z_2}{z_1} \right)^2$	15 $\frac{M_2}{M_1} \cdot \frac{z_2}{z_1}$	

< ア ~ ウ の解答群 >

1 1/32	2 1/24	3 1/16	4 1/8	5 1/4
6 1/3	7 1/2	8 1	9 2	10 3
11 4	12 8	13 16	14 24	15 32

III エネルギーの高い電子においては、標的物質の原子番号が大きくなると、衝突阻止能 S_C に加えて A 阻止能 S_R の割合が大きくなる。エネルギーが 6 MeV の電子における阻止能の比 S_R/S_C は、近似的に、標的物質がアルミニウム (原子番号 13) の場合には エ である。また、衝突阻止能 S_C と A 阻止能 S_R とが等しくなる電子のエネルギーは J と呼ばれ、標的物質が鉛 (原子番号 82) の場合約 オ MeV である。

< エ、オの解答群 >

1 0.01	2 0.03	3 0.06	4 0.1	5 0.3
6 0.6	7 1.0	8 3.0	9 6.0	10 10
11 30	12 60	13 100	14 300	15 600

< J の解答群 >

- | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 1 しきい値 | 2 W 値 | 3 等価エネルギー | 4 臨界エネルギー |
| 5 転移エネルギー | 6 転換エネルギー | 7 飽和エネルギー | |

