

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、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 8.6×10^{14} Bq の ${}^3\text{H}$ を含む廃水中において、この ${}^3\text{H}$ の β 壊変による発熱量[W]として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、 β 線による発熱のみを考え、 ${}^3\text{H}$ の β 線の平均エネルギーを 5.7 keV とし、全てのエネルギーが最終的には熱に変換されるものとする。

- 1 0.31 2 0.50 3 0.78 4 3.1 5 5.0

問 2 電子の質量を m 、速度を v 、プランク定数を h とするとき、電子のド・ブロイ波長 λ を示す正しい式は、次のうちどれか。

- 1 $\lambda = \frac{h}{mv}$ 2 $\lambda = \frac{h}{2mv}$ 3 $\lambda = \frac{h}{mv^2}$ 4 $\lambda = \frac{h}{2mv^2}$ 5 $\lambda = \frac{2mv^2}{h}$

問 3 100 keV 光子の波数（波長の逆数） $[\text{m}^{-1}]$ として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、プランク定数を $6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ とする。

- 1 1.2×10^{10} 2 2.7×10^{10} 3 8.1×10^{10} 4 1.6×10^{11} 5 2.4×10^{11}

問 4 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。ただし、真空中の光速を $3.0 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ とし、有効数字を 2 桁とする。

- A 1 kg の物質は、 $9.0 \times 10^{16} \text{ J}$ に等価である。
 B 電子の静止エネルギーは $8.2 \times 10^{-14} \text{ J}$ に相当する。
 C 1 MeV の γ 線の波長は $1.2 \times 10^{-12} \text{ m}$ である。
 D 17°C で熱平衡にある粒子の運動エネルギーの最頻値は $4.0 \times 10^{-21} \text{ J}$ である。

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

問5 次の記述のうち、正しいものはどれか。

- 1 中性子の磁気モーメントはゼロである。
- 2 陽子の磁気モーメントはゼロである。
- 3 核異性体どうしの質量超過は等しい。
- 4 α 粒子の質量は重陽子の質量の2倍より大きい。
- 5 ^{14}C の中性原子の質量は ^{14}O の中性原子の質量より小さい。

問6 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 陽子は単独で存在すると中性子に壊変する。
- B 原子核の質量は、陽子および中性子それぞれの質量にそれぞれの個数をかけた値の和より小さい。
- C 陽子の質量は中性子の質量より大きい。
- D 核力は電磁気力より力の及ぶ距離が短い。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問7 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 α 壊変が起きると中性子数が2つ減少する。
- B β^+ 壊変が起きると中性子数が1つ増加する。
- C β^- 壊変が起きると質量数が1つ増加する。
- D 電子捕獲が起きると原子番号が1つ増加する。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問8 α 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 放出される α 線のエネルギー分布は線スペクトルである。
- B ^{241}Am 線源から放出される α 線のエネルギーは5.486 MeVのみである。
- C ^{210}Po 線源からの γ 線放出率は0.1%以下である。
- D トンネル効果は関係しない。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとD 5 CとD

問9 次のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A コッククロフト・ワルトン型加速装置では、整流回路に多段の倍電圧回路を利用した直流高電圧で荷電粒子を加速する。
- B 線形加速器では、連続しておかれた加速空洞に高周波電力を供給して、荷電粒子を加速する。
- C シンクロトロンでは、加速粒子を同一の軌道で周回させるために、粒子エネルギーに応じて磁場及び高周波周波数を変化させる。
- D サイクロトロンでは、2つの向き合ったD型電極に高周波電力を供給して加速粒子が電極間を通過する際に電位差を発生させ加速する。

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

問10 重陽子どうしの核融合反応で生成される粒子の組合せとして、正しいものは次のうちどれか。

- A 中性子
- B ^1H の原子核
- C ^3H の原子核
- D ^3He の原子核

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

問11 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 核反応前後の質量の違いをエネルギーとして表した値をQ値という。
- B 核反応断面積の単位はb (バーン) で、 $1\text{b}=1\times 10^{-24}\text{m}^2$ に相当する。
- C 原子核における核子1個当たりの結合エネルギーはおおよそ0.5 MeVである。
- D 光核反応は吸熱反応である。

- 1 AとC 2 AとD 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問12 ^{238}U 原子核が4.2 MeVの α 粒子を放出し、基底状態の娘核種に壊変した。その壊変のQ値[MeV]として最も近い値は次のうちどれか。

- 1 4.1 2 4.3 3 4.5 4 4.7 5 4.9

問13 4℃の水中での最大飛程が5 mmである β 線が、標準状態の空气中で示す最大飛程として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 4 mm 2 4 cm 3 40 cm 4 4 m 5 40 m

問14 100 keVの電子が物質に入射したときに起こる現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 発生する特性X線のエネルギーは物質によらず一定である。
- B 制動放射線の発生効率も物質によらず一定である。
- C 制動放射線の最大エネルギーは物質によらず一定である。
- D 電子の飛跡に沿って電離や励起が起こる。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問15 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 同一気体のW値は荷電粒子の種類により異なる値を示す場合がある。
- B W値は照射線量を求めるために使用されることがある。
- C イオン化ポテンシャルをIとすると、W値との比 (W/I) はほぼ1となる。
- D He並びにXeの気体、C(ダイヤモンド)並びにSiの固体の4つの検出媒体において、W値が大きい順に並べると、He、Xe、C、Siの順となる。

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

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

- A 光電効果は、光子と自由電子の間で起こる。
- B コンプトン散乱光子のエネルギーが最大となるのは光子散乱角が 180° のときである。
- C 電子対生成は光子のエネルギーが 1.02 MeV より小さいときは起こらない。
- D レイリー散乱後の散乱光子は入射光子と同じエネルギーをもつ。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問17 次のうち、物質中での γ 線による吸収線量測定に最も関係の深いものはどれか。

- 1 Bragg曲線
- 2 Bragg反射
- 3 Braggピーク
- 4 Bragg-Grayの原理
- 5 Bragg-Williamsの近似

問18 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 衝突カーマは、二次電子が制動放射で失うエネルギーを含む。
- B カーマは、エネルギーフルエンスと質量エネルギー転移係数の積である。
- C 質量エネルギー吸収係数は、質量エネルギー転移係数よりも大きい。
- D 荷電粒子平衡が成立する場合は、吸収線量は衝突カーマと等しくなる。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問19 次のうち、特性X線またはオージェ電子が発生しないものの組合せはどれか。

- A 光電効果
- B 内部転換
- C レイリー散乱
- D 電子対生成
- E コンプトン散乱

- 1 AとB 2 AとE 3 BとD 4 CとD 5 CとE

問 20 幅の広い光子ビームが厚さ $d[\text{cm}]$ の無限平板に垂直方向から入射するとき、光子が平板を透過する割合に最も近い値は次のうちどれか。ただし、この平板の線減弱係数を $d^{-1}[\text{cm}^{-1}]$ 、ビルドアップ係数を 1.2、自然対数の底を 2.7 とする。

- 1 0.44 2 0.53 3 0.64 4 0.77 5 0.92

問 21 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 陽電子消滅に際して放出される光子のエネルギー分布は若干の幅を持つ線スペクトルである。
- B 電子対生成の結果発生する陽電子のエネルギーは単色である。
- C 電子対生成の結果発生する陽電子のエネルギーと陰電子のエネルギーの和は入射光子のエネルギーに比例する。
- D 真空中では、陽電子は消滅することはない。

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問 22 ^{60}Co γ 線に対するコンクリート (密度 $2.3 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) の半価層は 5 cm である。 ^{60}Co γ 線に対する鉛 (密度 $11.3 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) の 1/10 価層 [cm] として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、散乱 γ 線の影響は考慮しないものとする。また、 $\ln 2 = 0.693$ および $\ln 5 = 1.61$ とする。

- 1 1.0 2 2.2 3 3.4 4 4.6 5 5.8

問 23 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 中性子は、核外で約 15 分の寿命で壊変する。
- B 中性子捕獲反応は発熱反応である。
- C 中性子の減速材としては、原子番号が大きい物質が有効である。
- D 弾性散乱における原子核の反跳エネルギーは中性子と原子核の質量の比に比例する。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問24 単色の速中性子と ^{12}C 原子核が弾性散乱したとき、反跳 ^{12}C のエネルギーの最大値は4 MeVであった。散乱前の速中性子のエネルギー[MeV]として、最も近い値は次のうちどれか。

- 1 11 2 12 3 13 4 14 5 15

問25 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 照射線量は間接電離放射線に対して定義される。
- B 吸収線量はすべての電離放射線に対して適用される。
- C LETは中性子に対しても定義される。
- D カーマは間接電離放射線に限り定義される。
- E 質量エネルギー転移係数は間接電離放射線に限り定義される。

- 1 ABCのみ 2 ABDのみ 3 ACEのみ 4 BDEのみ 5 CDEのみ

問26 線エネルギー付与 (LET) 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 LETは、荷電粒子によって飛跡の近傍に生成した二次電子によるエネルギー損失を含む。
- B LETは、荷電粒子の水中におけるエネルギー損失に限って用いられる。
- C 同じ荷電粒子の場合、運動エネルギーの小さい粒子の方がLETは大きい。
- D 線質係数は、放射線の生体組織中におけるLETの関数として与えられる。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

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試料 A の計数率は 480 ± 12 cpm、試料 B の計数率は 300 ± 10 cpm であった。両試料の放射能比 (S_A/S_B) は 1.60 であるが、その誤差として最も近い値は、次のうちどれか。

- 1 0.021 2 0.037 3 0.051 4 0.067 5 0.081

問28 次の核反応のうち、熱中性子の検出に適したものの組合せはどれか。

- A ${}^3\text{He}(n, n){}^3\text{He}$ (弾性散乱)
 - B ${}^{238}\text{U}(n, f)$ (核分裂反応)
 - C ${}^6\text{Li}(n, \alpha){}^3\text{H}$ (荷電粒子放出反応)
 - D ${}^3\text{He}(n, p){}^3\text{H}$ (荷電粒子放出反応)
- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問29 ア～エすべての特徴を有するシンチレータは次のうちどれか。

- ア 光子に対するエネルギー分解能が優れている。
 - イ 原子番号が高いため、高いエネルギーの γ 線に対しても検出効率が高い。
 - ウ シンチレータ自体に微量の放射性物質を含むので、低バックグラウンド測定に際して問題となる。
 - エ 発光の減衰時間が短いのでタイミング特性が優れている。
- 1 CsI(Tl)
2 $\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$
3 NaI(Tl)
4 $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$
5 プラスチックシンチレータ

問30 次の測定器のうち、速中性子のエネルギースペクトルの測定に適さないものの組合せはどれか。

- A 球形減速材付熱中性子検出器 (ボナー球検出器)
 - B 金放射化箔検出器
 - C 中性子線サーベイメータ (レムカウンタ)
 - D 有機液体シンチレーション検出器
- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

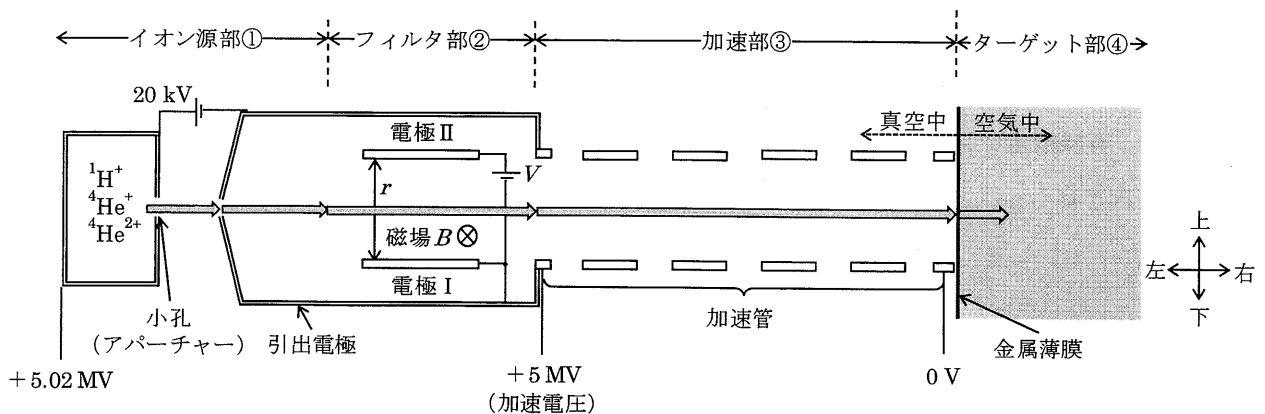
問 31 粒子線加速器に関する次の文章の□の部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答えを1つだけ選べ。

図に示すように、イオン源部①で引き出された ${}^1\text{H}^+$ 、 ${}^4\text{He}^+$ 、 ${}^4\text{He}^{2+}$ からフィルタ部②で ${}^4\text{He}^{2+}$ を選択して加速部③で加速し、ターゲット部④で空気中に取り出すことを考える。

イオン源部①では、引出電極と小孔の間に+20 kVの電圧をかけて ${}^1\text{H}^+$ 、 ${}^4\text{He}^+$ 、 ${}^4\text{He}^{2+}$ を加速する。加速後の ${}^4\text{He}^{2+}$ の速度を v とすると、 ${}^4\text{He}^+$ の速度はほぼ□アとなる。また、 ${}^1\text{H}^+$ の速度はほぼ□イとなる。

フィルタ部②の平行平板の電極Ⅰと電極Ⅱの間に紙面に向かって手前から奥向きに均一な磁場 B がかけられている。電気素量を e として、紙面左側から入射した ${}^4\text{He}^{2+}$ は、磁場により□ウの□A力を受け、その向きは□Bである。ここで、電極Ⅰに対する電極Ⅱの電位差を V (正の値)、電極間距離を r とした場合、 ${}^4\text{He}^{2+}$ は電場により□エの□C力を受け、その向きは□Dである。イオンが電極の間を直進できる条件は、これらの力が互いに相殺される場合であることから、加速部③に到達できるイオンは原理的には□オの速度を持つものに限られる。これを利用して適切な電圧 V を選択することにより、 ${}^4\text{He}^{2+}$ を選択的に取り出すことができる。

加速部③の加速管左側に+5 MVの加速電圧を加えたとき、 ${}^4\text{He}^{2+}$ は、静電場により約□カ MeVまで加速される。そして、この ${}^4\text{He}^{2+}$ に対して3.0 MeVのエネルギー損失を引き起こす金属薄膜を介して空気中に取り出す。空気中で、 ${}^4\text{He}^{2+}$ は主に□C力を介して□Eを起こしながら運動エネルギーを失い、連続的に減速しながら停止する。イオンが、物質(この場合は空気)中を単位距離進む間に□Eで失う運動エネルギーの期待値を□Fと呼ぶ。この様子を表す□G曲線は、停止直前で□Gピークと呼ばれる急峻な極大値を持つ。ベータの式によれば、イオンの□Fは非相対論的運動領域では速度の□キ乗に比例することから、上述の極大値を持つ形状が定性的に説明できる。例えば標準状態の空気中において、初期エネルギー E [MeV]の ${}^4\text{He}^{2+}$ の飛程 R [cm]は、 $R = 0.318 E^{\frac{3}{2}}$ の式で表せる。この式を利用すると金属薄膜を透過した ${}^4\text{He}^{2+}$ の空気中での飛程は約□ク cmとなる。



図

<ア、イの解答群>

- | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 $\frac{1}{4}v$ | 2 $\frac{1}{3}v$ | 3 $\frac{1}{2}v$ | 4 $\frac{1}{\sqrt{3}}v$ | 5 $\frac{1}{\sqrt{2}}v$ |
| 6 v | 7 $\sqrt{2}v$ | 8 $\sqrt{3}v$ | 9 $2v$ | 10 $3v$ |
| 11 $4v$ | | | | |

<ウ～オの解答群>

- | | | | |
|----------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 1 $\frac{2eB}{v}$ | 2 $\frac{evB}{2}$ | 3 evB | 4 $2evB$ |
| 5 $\frac{2\pi r}{v}$ | 6 $\frac{V}{rB}$ | 7 $\frac{2ev}{B}$ | 8 $\frac{eB}{v}$ |
| 9 $\frac{2V}{rB}$ | 10 $\frac{2er}{V}$ | 11 $\frac{2eV}{r}$ | 12 $\frac{er}{V}$ |
| 13 $\frac{eV}{r}$ | 14 $\frac{2rB}{V}$ | 15 $\frac{rB}{V}$ | |

<A～Dの解答群>

- | | | |
|--------------|---------------|---------------|
| 1 左向き (←) | 2 上向き (↑) | 3 右向き (→) |
| 4 下向き (↓) | 5 手前から奥向き (⊗) | 6 奥から手前向き (⊙) |
| 7 コリオリ | 8 核 | 9 ローレンツ |
| 10 ファンデルワールス | 11 重 | 12 クーロン |

<カの解答群>

- | | | | | |
|--------|--------|--------|-------|-------|
| 1 0.10 | 2 0.20 | 3 0.40 | 4 1.0 | 5 2.0 |
| 6 5.0 | 7 10 | 8 20 | | |

<E～Gの解答群>

- | | | |
|-------------|----------|------------|
| 1 フルエンス | 2 衝突阻止能 | 3 放射阻止能 |
| 4 平均自由行程 | 5 W値 | 6 $1/v$ 則 |
| 7 ブラッグ | 8 全吸収 | 9 グロー |
| 10 マクスウェル分布 | 11 光核反応 | 12 コンプトン散乱 |
| 13 光電効果 | 14 電離・励起 | 15 制動放射 |

<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 0.080

2 0.318

3 0.90

4 2.5

5 3.6

6 5.9

7 8.6

8 10

問 32 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。

β 壊変には、 β^- 壊変、 β^+ 壊変、及び□ A □があり、いずれも弱い相互作用によって起こる。 β^- 壊変では電子と反ニュートリノが放出される。壊変エネルギーは、放出粒子の運動エネルギーに分配されるが、その割合は壊変ごとに異なるので、電子のエネルギーは連続分布となる。 β^+ 壊変では陽電子とニュートリノが放出される。陽電子のエネルギーも連続分布であるがその形状は β^- 線とは異なる。親核に関する原子の質量を X 、生成核に関する原子の質量を Y とすると、 β^+ 壊変における壊変エネルギーは、□ B □ と表される。ただし、 c は光速、 m は電子の質量である。□ A □ は、原子核の□ C □ が軌道電子と結合して□ D □ を放出する現象である。これにより軌道に空孔が生じ、そこへ外部軌道の電子が遷移した場合には、特性 X 線または□ E □ 電子が放出される。□ A □ では最も内殻すなわち K 殻にある電子が結合されやすい。これが起こると、K 軌道及び L 軌道における電子の結合エネルギーを E_K 及び E_L とすると、特性 X 線 (KX 線) のエネルギーは□ F □、放出される電子のエネルギーは□ G □ となる。

図に示すように、 ^{40}K は□ A □ により□ H □ に、あるいは β^- 壊変により□ I □ へと壊変する。これらの壊変に伴って、天然のカリウム 3.91 g 中に含まれる ^{40}K からは、毎秒□ ア □ 個の γ 線及び毎秒□ イ □ 個の β 線が放出され、 β 線の最大エネルギーは□ ウ □ MeV である。ただし、カリウムの原子量を 39.1、 ^{40}K の同位体存在度を 0.0117% とし、同位体の質量は表に示した。1 y = 3.2×10^7 s とする。

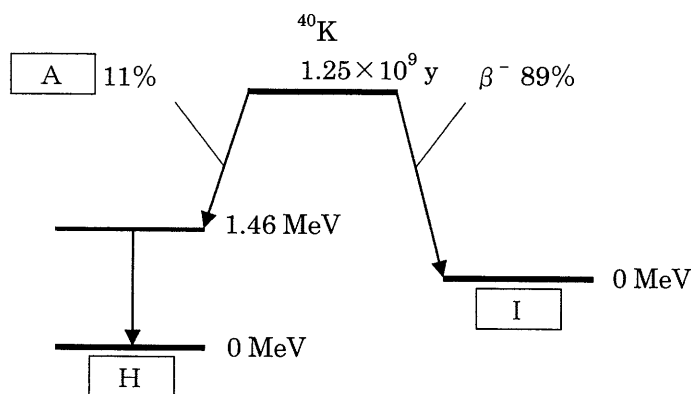


図 ^{40}K の壊変図

表 同位体の質量 (単位: u)

同位体	質量	同位体	質量	同位体	質量
^{39}Ar	38.964315	^{39}K	38.963708	^{40}Ca	39.962591
^{40}Ar	39.962383	^{40}K	39.963999	^{41}Ca	40.962278
^{41}Ar	40.964501	^{41}K	40.961825	^{42}Ca	41.958622

β 壊変と同様に電子を放出する過程に $\boxed{\text{J}}$ があり、励起状態にある原子核がそのエネルギーを軌道電子に与えて放出する事象をいう。この過程は電磁相互作用として起こり、 γ 壊変の競合過程である。 ^{137}Cs が β 壊変して $^{137\text{m}}\text{Ba}$ が生成するとき、その確率を p 、 $^{137\text{m}}\text{Ba}$ の転移における全 γ 線放出光子数に対する $\boxed{\text{J}}$ による全放出電子数の比を α_{T} 、K 軌道電子に対して起こる場合の比を α_{K} 、KX 線の放出される割合 (K 殻蛍光収率とよばれる) を ω_{K} とするとき、1 壊変当たりに KX 線の放出される確率は $\boxed{\text{エ}}$ であり、662 keV の γ 線の放出される割合は $\boxed{\text{オ}}$ となる。

< A の解答群 >

- | | | | |
|---------|----------|----------|------------|
| 1 内部転換 | 2 核異性体転移 | 3 軌道電子捕獲 | 4 オージェ電子放出 |
| 5 電子対生成 | | | |

< B の解答群 >

- | | | |
|----------------|---------------|-----------------|
| 1 $(X-Y)c$ | 2 $(X-Y)c^2$ | 3 $(X-Y-m)c$ |
| 4 $(X-Y-m)c^2$ | 5 $(X-Y-2m)c$ | 6 $(X-Y-2m)c^2$ |
| 7 $(X-Y)mc$ | 8 $(X-Y)mc^2$ | |

< C ~ E の解答群 >

- | | | | |
|----------|-----------|--------|--------|
| 1 陽子 | 2 中性子 | 3 電子 | 4 陽電子 |
| 5 ニュートリノ | 6 反ニュートリノ | 7 オージェ | 8 内部転換 |
| 9 反跳 | | | |

< F、G の解答群 >

- | | | | | |
|---------------------------------|------------------|----------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 $E_{\text{L}} - E_{\text{K}}$ | 2 E_{L} | 3 $E_{\text{L}} - 2E_{\text{K}}$ | 4 $E_{\text{L}} + 2E_{\text{K}}$ | 5 $E_{\text{K}} - E_{\text{L}}$ |
| 6 $E_{\text{K}} + E_{\text{L}}$ | 7 E_{K} | 8 $E_{\text{K}} - 2E_{\text{L}}$ | 9 $E_{\text{K}} + 2E_{\text{L}}$ | |

< H、I の解答群 >

- | | | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|
| 1 ^{39}Ar | 2 ^{40}Ar | 3 ^{41}Ar | 4 ^{39}K | 5 ^{41}K |
| 6 ^{40}Ca | 7 ^{41}Ca | 8 ^{42}Ca | | |

< ア ~ ウ の解答群 >

- | | | | | |
|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 1 1.1 | 2 1.3 | 3 1.6 | 4 1.9 | 5 2.3 |
| 6 1.1×10^1 | 7 1.3×10^1 | 8 1.6×10^1 | 9 1.9×10^1 | 10 2.3×10^1 |
| 11 1.1×10^2 | 12 1.3×10^2 | 13 1.6×10^2 | 14 1.9×10^2 | 15 2.3×10^2 |

< J の解答群 >

- | | | | |
|-----------|----------|----------|------------|
| 1 内部転換 | 2 核異性体転移 | 3 軌道電子捕獲 | 4 オージェ電子放出 |
| 5 コンプトン効果 | 6 電子対生成 | | |

<エ、オの解答群>

1 $p \cdot \frac{\alpha_K}{\alpha_T}$

2 $p \cdot \frac{\alpha_K}{1 + \alpha_T}$

3 $p \cdot \frac{1}{1 + \alpha_T}$

4 $p \cdot \frac{\alpha_T}{1 + \alpha_T}$

5 $p \cdot \frac{1 + \alpha_K}{1 + \alpha_T}$

6 $p \cdot \frac{\alpha_K}{\alpha_T} \cdot \omega_K$

7 $p \cdot \frac{\alpha_K}{1 + \alpha_T} \cdot \omega_K$

8 $p \cdot \frac{1}{1 + \alpha_T} \cdot \omega_K$

9 $p \cdot \frac{\alpha_T}{1 + \alpha_T} \cdot \omega_K$

10 $p \cdot \frac{1 + \alpha_K}{1 + \alpha_T} \cdot \omega_K$

