

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、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てください。また、アラーム機能の付いた時計は、設定を解除しておいてください。
- 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、すべての課目の解答を無効とし、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、すべての課目の解答を無効とします。

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。

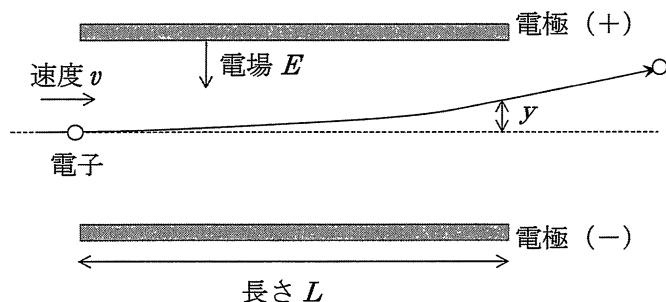
次の問 1 から問 30 について、5 つの選択肢のうち適切な答えを 1 つだけ 選び、また、問 31、問 32 の文章の の部分について、解答群の選択肢のうち最も適切な答えを 1 つだけ 選び、注意事項に従って解答用紙に記入せよ。

問 1 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 光子のエネルギーは運動量に比例する。
- B 1 C の電荷から 1 m 離れた点における電位は無限遠を基準とすると 1 V である。
- C 熱中性子の運動エネルギー分布はマクスウェル・ボルツマン分布に基づく。
- D 電子はスピン角運動量をもつが、陽子はない。

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

問 2 下図に示すように、真空中で長さ L の平行平板電極の間に一様な電場 E をかけ、電荷 e 、質量 m 、速度 v の電子を電極と平行に入射させたとき、電極の右端における入射方向からのずれ y を表す数式は次のうちどれか。



- 1 $\frac{emv^2}{EL^2}$ 2 $\frac{eEL^2}{mv^2}$ 3 $\frac{emv^2}{2EL^2}$ 4 $\frac{eEv^2}{2mL^2}$ 5 $\frac{eEL^2}{2mv^2}$

問 3 光の速度を c 、電子の速度を v とし、 $\frac{v}{c} = 0.95$ の場合、電子の運動エネルギー [MeV] として最も近いものは、次のうちどれか。

- 1 0.55 2 1.1 3 2.2 4 3.3 5 4.4

問4 次の組合せのうち、関係のないものはどれか。

- | | | | |
|---|------------|----|--------------|
| 1 | 軌道電子 | —— | 内部転換 |
| 2 | ニュートリノ | —— | β^+ 壊変 |
| 3 | γ 線 | —— | 原子核のエネルギー準位 |
| 4 | 中性子 | —— | 飛程 |
| 5 | 特性X線 | —— | 原子のエネルギー準位 |

問5 次の3つの値を同じ単位で比べたとき、大きい順に並べたものとして正しいのはどれか。

- A 陽子1個の質量
B 中性子1個の質量
C 1 u (統一原子質量単位)

- 1 A > B > C
2 A > C > B
3 B > A > C
4 B > C > A
5 C > B > A

問6 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A ^{12}C の原子核内では核力により陽子と中性子が結合している。
B 軌道電子は電磁気力により原子核に束縛されている。
C ^{12}C の原子核内では電磁気力により陽子どうしが結合している。
D 原子核外の中性子は地上で重力の影響を受けない。

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

問7 静止している励起状態の原子核がエネルギー E の γ 線を放出し質量 M の原子核へ遷移したとき、遷移する準位間のエネルギー差を示す式として正しいのは次のうちどれか。ただし、光速を c とする。

- 1 $\frac{E(E+2Mc^2)}{2Mc^2}$ 2 $\frac{E(E+Mc^2)}{2Mc^2}$ 3 $\frac{E(E-Mc^2)}{2Mc^2}$ 4 $\frac{E^2}{2Mc^2}$ 5 E

問8 ヨウ素 ^{131}I の壊変定数 $[\text{s}^{-1}]$ に最も近い値は次のうちどれか。

- 1 1.0×10^{-7} 2 1.0×10^{-6} 3 1.0×10^{-5} 4 1.0×10^{-4} 5 1.0×10^{-3}

問9 オージェ電子の放出に関連する過程として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

- A 特性X線の放出
B 内部転換
C 軌道電子捕獲
D 光電効果

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

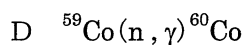
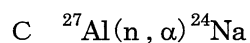
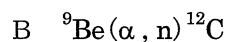
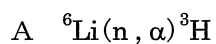
問10 $^1\text{H}^+$ 、 $^2\text{H}^+$ 、 $^4\text{He}^{2+}$ のイオンが真空中において4 MVの電位差で加速された場合、それぞれの運動エネルギー[MeV]を正しく表記しているものは次のうちどれか。

	$^1\text{H}^+$	$^2\text{H}^+$	$^4\text{He}^{2+}$
1	4	2	1
2	4	4	2
3	4	4	8
4	4	8	8
5	4	8	16

問11 核反応における吸熱反応のしきい値を示す式は次のうちどれか。ただし、 Q 値を Q 、標的核の質量を M 、入射粒子の質量を m とする。

- 1 $-Q(M+m)/M$
2 $-Q(M+m)/m$
3 $-QM/(M+m)$
4 $-Qm/(M+m)$
5 $-QM/m$

問12 次の核反応のうち、発熱反応として正しいものの組合せはどれか。



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

問13 陽電子の消滅に関する次の記述のうち、正しいものの組み合わせはどれか。

A 陽電子はその運動エネルギーが高いほど消滅しやすい。

B 0.511 MeVの光子が放出される。

C 運動量保存則は成り立たない。

D 陽電子は物質中の電子と結合して消滅する。

- 1 AとB 2 AとC 3 BとC 4 BとD 5 CとD

問14 次の記述のうち正しいものの組合せはどれか。

A 数MeVの α 線の空気中の飛程はエネルギーの3乗に比例する。

B 空気中における4 MeVの α 線の飛程と2 MeVの陽子の飛程は等しい。

C 5 MeVの α 線と1 MeVの電子線に対する空気中のW値は5%以下の差異で等しい。

D 一定の厚さの媒質を通過した α 線のエネルギーはばらつきを示し、その分布は近似的にガウス分布で表される。

E 3 MeVの電子線2 μA が100 gの水に完全に吸収されるとき、吸収線量率は60 $\text{Gy}\cdot\text{s}^{-1}$ である。

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

問15 1.0 MeV電子のアルミニウム中の最大飛程[cm]として最も近い値は次のうちどれか。ただし、アルミニウムの密度を2.7 g/cm^3 とする。

- 1 0.010 2 0.050 3 0.10 4 0.15 5 0.20

問16 5 MeVの α 線と物質の相互作用に関する記述として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

- A 放射阻止能は衝突阻止能と比べて小さい。
- B 衝突阻止能は物質の原子番号の2乗に比例する。
- C 飛程の終端付近で比電離が大きくなる。
- D 水中でチェレンコフ光が発生する。

1 ABDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 CDのみ 5 BCDのみ

問17 1 MeVのコリメートされた光子が密度 $2.3 \times 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ のコンクリートに入射するとき、最初に相互作用を起こすまでに進むコンクリート中での平均自由行程[m]として、最も近い値は次のうちどれか。ただし、1 MeVの光子に対する質量減弱係数を $6.5 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ とする。

1 0.067 2 0.11 3 0.15 4 0.19 5 0.23

問18 光電効果に関する次の記述のうち、誤っているものはどれか。

- 1 断面積は軌道電子の数に依存する。
- 2 光電子のエネルギーは入射光子の振動数に依存する。
- 3 光電子のエネルギーは入射光子の数に依存する。
- 4 断面積は入射光子の振動数に依存する。
- 5 入射光子の波長が限界波長よりも長い場合は起こらない。

問19 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 光子と電子の衝突の前後でエネルギーと運動量が保存される。
- B 入射光子のエネルギーが高いほど起こりやすい。
- C 散乱光子のエネルギーは散乱角が大きいほど低い。
- D 電子による光子の弾性散乱である。
- E 散乱光子は入射光子よりも波長が長い。

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

問20 8.0 MeVの中性子が重水素(^2H)に弾性衝突する場合、中性子のエネルギーが80 keV以下となるための最小の衝突回数[回]として正しいのは次のうちどれか。

- 1 3 2 5 3 7 4 9 5 11

問21 運動エネルギー20 MeVの中性子が真空中で10.0 mの距離を飛行する場合、飛行時間[ns]として最も近い値はどれか。ただし中性子の質量はエネルギーに換算すると940 MeVとする。

- 1 1.7 2 11 3 17 4 110 5 170

問22 次の記述のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A 1 fmは 1×10^{-15} mである。
 B 1 pSvは 1×10^{-9} Svである。
 C 1 GeVは 1×10^9 eVである。
 D 1 PBqは 1×10^{12} Bq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 次の量と単位の関係のうち、正しいものの組合せはどれか。

- | | | |
|---------------|---|-----------------------------------|
| A 線エネルギー付与 | — | $\text{J} \cdot \text{m}^{-1}$ |
| B 線量当量 | — | $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ |
| C 質量エネルギー転移係数 | — | $\text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-1}$ |
| D 線減弱係数 | — | $\text{J} \cdot \text{m}^{-1}$ |
| E 照射線量 | — | $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ |

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

問24 GMカウンタの計数値の統計精度（相対誤差）を2.5%にするには、計数値を何カウントにすればよいか。最も近い値を次のうちから選べ。

- 1 100 2 400 3 800 4 1200 5 1600

問25 α 線のエネルギー測定に適した検出器として、正しいものの組合せは次のうちどれか。

- A 表面障壁型Si半導体検出器
B Ge半導体検出器
C NaI(Tl)シンチレーション検出器
D グリッド付電離箱

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 CとD

問26 次の線量計とその測定原理のうち、正しいものの組合せはどれか。

- A OSL線量計 — 熱ルミネセンス
B DIS線量計 — 気体の電離
C SSTD — 飛跡の形成
D TLD — シンチレーション

- 1 AとB 2 AとC 3 AとD 4 BとC 5 BとD

問27 中性子サーベイメータ（中性子線量当量計）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 1cm線量当量換算係数のエネルギー依存性を再現するように、感度が工夫されている。
B γ 線が混在する場合でも、 γ 線を含めた場の線量当量値を測定することができる。
C 検出部には ^3He 比例計数管などの熱中性子検出器が用いられる。
D 数十MeVを超える中性子に対応するため、減速材の中に原子番号の高い物質を挿入しているものもある。

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

問28 有機シンチレータ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 発光の減衰時間は一般に数nsと短いため、高計数率の測定に使用できる。
- B γ 線に対する発光効率はNaI(Tl)シンチレータよりも高い。
- C 1 MeVの光子に対しては、コンプトン散乱が主な相互作用となる。
- D 有機液体シンチレータは、 ^3H からの β 線の測定に使用できる。

1 ACDのみ 2 ABのみ 3 ACのみ 4 BDのみ 5 BCDのみ

問29 図1のように壊変する ^{24}Na 線源からの γ 線をCdZnTe半導体検出器で測定したところ、図2の波高分布が得られた。図2のピーク①に相当するエネルギー[MeV]として最も近い値は次のうちどれか。なお、図2において、サムピークは観測されていない。

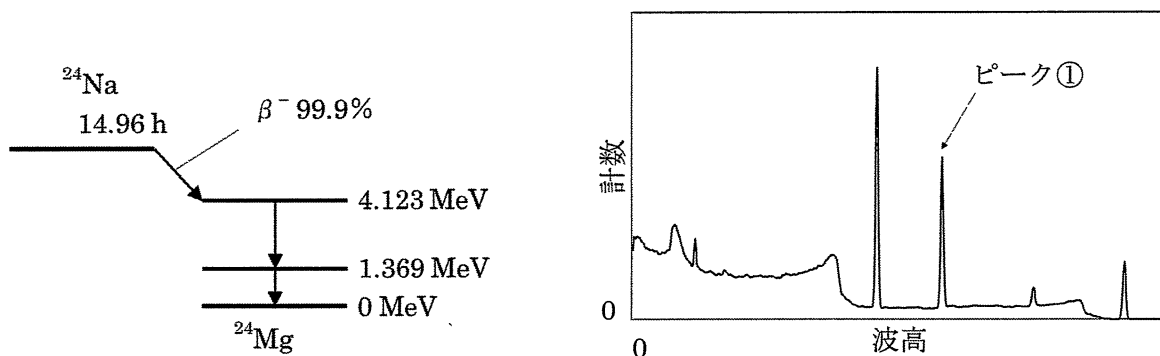


図1 壊変図

図2 波高分布

1 1.369 2 1.732 3 2.754 4 3.101 5 4.123

問30 バックグラウンド計数値の標準偏差の3倍を検出下限値としたとき、表面汚染サーベイメータの検出下限値[Bq $\cdot\text{cm}^{-2}$]として最も近い値は次のうちどれか。なお、測定時間は60秒、バックグラウンド計数値は100カウント、機器効率は40%、線源効率は50%、入射窓面積は20 cm²とする。

1 2.0×10^{-2} 2 3.1×10^{-2} 3 4.2×10^{-2} 4 1.3×10^{-1} 5 5.0×10^{-1}

問31 次のⅠ、Ⅱ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 加速器は、加速電場の与え方により、□ A □などの直流電場を用いるものと□ B □などの高周波交流電場を用いるものとに大別される。□ A □は、変圧器によって昇圧された交流電圧を整流器とコンデンサを組み合わせた多段の□ C □回路に印加して発生する直流電圧を加速管両端に加えて粒子加速を行う□ D □である。段数 n の□ C □回路に振幅 $\pm V_0$ の交流電圧を加えると最終的に□ E □の直流電圧を得ることができる。

□ B □は、磁場による荷電粒子（イオン）の周回運動を利用してイオンを多重回加速させ、高エネルギーを得るようにした加速器である。真空中に2個の□ F □と呼ばれる半円形中空電極を狭い空隙を隔てて配置し、電極と垂直方向に一定で様な磁場を加え、中心付近にイオンを入射し円軌道に沿って周回させる。磁束密度を B 、イオンの質量を M 、速度を v （ただし、非相対論的な速度とする）、電荷を q とすると、円運動の半径 r は、

$$r = \square \text{ア} \ v$$

となり、イオンの円運動の周期 T_c は

$$T_c = \square \text{イ}$$

である。イオンが空隙を通過する際に電極間に電圧 V_1 がかかるようにし、さらに半周した際に電圧が逆転するような周期の高周波電圧を印加すれば、イオンは周回ごとに□ G □のエネルギーで加速される。イオンの速度が大きくなるに従い円運動の半径は大きくなりらせん状の軌道になるが、周期は一定であるから高周波電圧の周波数は一定で良い。イオンを中心から半径 R の位置で取り出すと、そのエネルギー E は

$$E = \square \text{ウ}$$

である。重陽子を磁束密度 $B = 1.5 \text{ T}$ で加速して半径 $R = 0.60 \text{ m}$ の位置で取り出すときのエネルギーは $E = \square \text{エ} \text{ MeV}$ となる。ただし、重陽子の質量を $M = 3.3 \times 10^{-27} \text{ kg}$ とする。

< A、Bの解答群 >

- | | |
|---------------------|-------------------|
| 1 コッククロフト・ワルトン型加速装置 | 2 ファン・デ・グラーフ型加速装置 |
| 3 変圧器型加速装置 | 4 サイクロトロン |
| 5 シンクロトロン | 6 直線加速装置 |
| 7 マイクロトロン | 8 ベータトロン |

< C、Dの解答群 >

- | | | | |
|--------------|------------|------------|----------|
| 1 ダイノード | 2 電子増倍 | 3 倍電圧整流 | 4 定電流昇圧 |
| 5 アクティブ・フィルタ | 6 時間・波高変換 | 7 大電力高周波 | 8 高周波加速器 |
| 9 静電加速器 | 10 レーザー加速器 | 11 電磁誘導加速器 | 12 線形加速器 |
| 13 タンデム型加速器 | | | |

< E の解答群 >

- | | | | | |
|-----------|-------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
| 1 nV_0 | 2 $\sqrt{2} nV_0$ | 3 $n(V_0/\sqrt{2})$ | 4 $2nV_0$ | 5 $4nV_0$ |
| 6 V_0^n | 7 $2V_0^n$ | 8 $4V_0^n$ | 9 $(\sqrt{2} V_0)^n$ | 10 $(V_0/\sqrt{2})^n$ |

< F の解答群 >

- | | | | |
|--------|--------|--------|---------|
| 1 カソード | 2 アノード | 3 ディー | 4 ダイノード |
| 5 偏向電極 | 6 加速空洞 | 7 光電陰極 | |

< G の解答群 >

- | | | | | |
|--------------|-------------------|---------------------|-------------|-----------|
| 1 qV_1 | 2 $\sqrt{2} qV_1$ | 3 $q(V_1/\sqrt{2})$ | 4 $2qV_1$ | 5 $4qV_1$ |
| 6 $qV_1^2/2$ | 7 qV_1^2 | 8 $2qV_1^2$ | 9 $4qV_1^2$ | |

< ア の解答群 >

- | | | | |
|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| 1 qB | 2 qBM | 3 $\frac{1}{qB}$ | 4 $\frac{M}{qB}$ |
| 5 $\frac{qB}{M}$ | 6 $\frac{qM}{B}$ | 7 $\frac{qB}{2M}$ | 8 $\frac{2qB}{M}$ |

< イ の解答群 >

- | | | | |
|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1 $\frac{qB}{\pi M}$ | 2 $\frac{qB}{2\pi M}$ | 3 $\frac{\pi M}{qB}$ | 4 $\frac{2\pi M}{qB}$ |
| 5 $\frac{qB}{M}$ | 6 $\frac{qM}{B}$ | 7 $\frac{\pi qB}{2M}$ | 8 $\frac{2\pi qB}{M}$ |

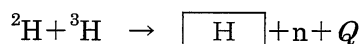
< ウ の解答群 >

- | | | | |
|-----------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| 1 $\frac{qBR}{M}$ | 2 $\frac{qBR}{2M}$ | 3 $\frac{q(BR)^2}{M}$ | 4 $\frac{B(qR)^2}{2M}$ |
| 5 $\frac{(qBR)^2}{M}$ | 6 $\frac{(qBR)^2}{2M}$ | 7 $\frac{M}{q(BR)^2}$ | 8 $\frac{2M}{B(qR)^2}$ |
| 9 $\frac{M}{(qBR)^2}$ | 10 $\frac{2M}{(qBR)^2}$ | 11 $\frac{MR}{qB}$ | 12 $\frac{M}{qBR}$ |

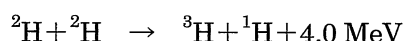
< エ の解答群 >

- | | | | | |
|-------|------|------|------|-------|
| 1 8.0 | 2 10 | 3 12 | 4 14 | 5 16 |
| 6 18 | 7 20 | 8 22 | 9 24 | 10 26 |

II を中性子発生装置として使用する例では、加速した重水素イオンをターゲット電極に吸蔵させた三重水素の原子核に衝突させて中性子を発生させる。この反応は D-T 反応と呼ばれ、



と表すことができる。ここで、D は重水素 ${}^2\text{H}$ 、T は三重水素 ${}^3\text{H}$ 、n は中性子、 Q は反応の Q 値である。この発生装置における と中性子の運動エネルギーの和を Q_T とすると、 Q_T は入射粒子が持ち込む運動エネルギーと Q 値の和となる。このときに発生する中性子のエネルギーは である。 ${}^2\text{H}$ 、 ${}^3\text{H}$ および における核子 1 個あたりの平均結合エネルギーは、それぞれ 1.1 MeV、 MeV、7.1 MeV であるから、D-T 反応における Q 値は MeV となる。ただし、 ${}^3\text{H}$ の核子 1 個あたりの平均結合エネルギー MeV については、次の D-D 反応



から求めた。

<Hの解答群>

- | | | | | |
|-------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| 1 ${}^1\text{H}$ | 2 ${}^2\text{H}$ | 3 ${}^3\text{H}$ | 4 ${}^3\text{He}$ | 5 ${}^4\text{He}$ |
| 6 ${}^6\text{Li}$ | | | | |

<オの解答群>

- | | | | | |
|-------------------|------------|------------|------------|--------------|
| 1 $0.1Q_T$ | 2 $0.2Q_T$ | 3 $0.5Q_T$ | 4 $0.8Q_T$ | 5 Q_T |
| 6 $0.1Q$ | 7 $0.2Q$ | 8 $0.6Q$ | 9 Q | 10 $Q_T - Q$ |
| 11 $0.5(Q_T - Q)$ | | | | |

<カの解答群>

- | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|--------|
| 1 1.3 | 2 1.6 | 3 2.2 | 4 2.8 | 5 3.4 |
| 6 4.0 | 7 4.5 | 8 5.0 | 9 5.6 | 10 6.2 |
| 11 6.8 | | | | |

<キの解答群>

- | | | | | |
|-------|------|------|------|-------|
| 1 10 | 2 12 | 3 14 | 4 16 | 5 18 |
| 6 20 | 7 22 | 8 24 | 9 26 | 10 28 |
| 11 30 | | | | |

問32 次のⅠ、Ⅱ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 光子の放射線場の状態を表す最も基本的な量として、粒子□Aと□Bが用いられる。粒子□Aは、評価点を中心とする微小球において、放射線の粒子が通過した数を球の最大断面積で除した値で表される。一方、乱数を用いて粒子の挙動をシミュレーションする□C法では、評価対象領域を通過した粒子飛跡の長さの合計を、その領域の体積で除すことにより計算される。

□Bは、入射した非荷電粒子線と物質中での相互作用により発生した二次荷電粒子の□Dの総和の期待値を物質の質量で除した値であり、エネルギー□Aと□Eの積で計算される。二次荷電粒子は、物質中での電離や励起の他に、□Fにより□Dの一部を失うことがあるが、この寄与を除いたものを衝突□Bと呼ぶ。

< A～Cの解答群 >

- | | | | |
|-----------|------------|------------|-----------|
| 1 1cm線量当量 | 2 実効線量 | 3 等価線量 | 4 カーマ |
| 5 エネルギー | 6 フルエンス | 7 ラジアンズ | 8 速度 |
| 9 温度 | 10 質量 | 11 波長 | 12 メスバウアー |
| 13 モンテカルロ | 14 ルング・クッタ | 15 バイオアッセイ | |

< D～Fの解答群 >

- | | | |
|---------------|------------|---------------|
| 1 制動放射 | 2 電子なだれ | 3 光電効果 |
| 4 コンプトン散乱 | 5 ブラッグ反射 | 6 質量エネルギー吸収係数 |
| 7 質量エネルギー転移係数 | 8 質量減弱係数 | 9 線阻止能 |
| 10 初期運動エネルギー | 11 位置エネルギー | 12 線エネルギー付与 |
| 13 速度 | 14 内部エネルギー | 15 質量 |

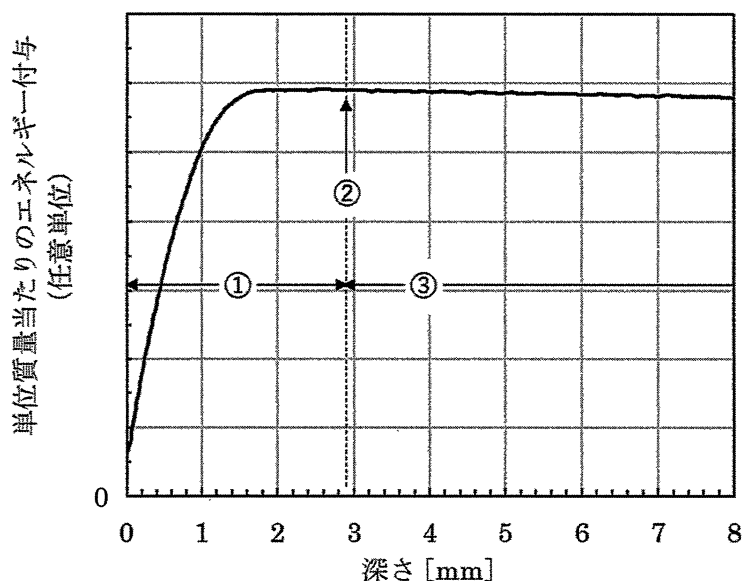
II 光子の空気[B]の測定には、[G]を応用した電離箱が用いられる。1.0 MeV 光子をグラファイトに入射させたときの単位質量当たりのグラファイトへのエネルギー付与と深さの関係を図に示す。図中の①では、二次電子の増加とともにエネルギー付与が増加しており、これを[H]領域と呼ぶ。二次電子の[I]に対応する②近傍において、エネルギー付与は最大となる。[J]が成立している③の領域では、エネルギー付与はほぼ一定となる。ただし、入射した光子はグラファイト中で減弱するため、厳密にはエネルギー付与は一定とはならず、深さとともに漸減する。

標準状態（0℃、1 気圧）において、グラファイトの壁厚が 1.0 mm で容積 100 cm³ の空気の電離領域を持つグラファイト電離箱で光子の空気[B]を測定することを試みる。まず、[G]に基づき、グラファイトの[K] D_{gr} [Gy]を求める。空気の W 値を 34 eV、密度を 0.0013 g・cm⁻³、質量阻止能を S_{air} [J・m²・kg⁻¹]、グラファイトの質量阻止能を S_{gr} [J・m²・kg⁻¹]、電離電荷を C [C]とすると、

$$D_{gr} = \text{ア}$$

となる。次に、グラファイトに対する空気の[L]の比 R を乗じて、空気の[K]を求める。図の③の領域では衝突[B]と[K]が一致することを利用して、これに[F]で電子がエネルギーを失う割合 g による補正を行うことにより、空気[B]が求められる。光子のエネルギーが 1.0 MeV の場合、[J]を成立させるには 1.0 mm のグラファイトでは壁の厚さが足りない。そこで、電離箱の外側にグラファイト壁を追加することとした。壁による光子の減弱を最小にすることを考慮すると、追加するグラファイトの最適な厚さは約[イ] mm となる。

1.0 MeV 光子を照射したところ、電離箱で 0.10 nA の電流が測定された。空気とグラファイトの質量阻止能は等しく、 R を 1.0、 g を 0.0028 と仮定すると、空気[B]率は[ウ] Gy・h⁻¹となる。



図

< G ～ I の解答群 >

- | | | |
|------------------|----------------|------------------------|
| 1 関心 | 2 制限比例 | 3 再結合 |
| 4 放電 | 5 ビルドアップ | 6 阻止能 |
| 7 線エネルギー付与 | 8 半価層 | 9 ラウエ斑点 |
| 10 飛程 | 11 質量欠損 | 12 ホイヘンスの原理 |
| 13 ブラッグ・グレイの空洞原理 | 14 ブラッグ・クレーマン則 | 15 黒体 ^{ふく} 輻射 |

< J、K の解答群 >

- | | | |
|---------------|-------------|---------|
| 1 永続平衡 | 2 荷電粒子平衡 | 3 過渡平衡 |
| 4 デュエヌ・フントの法則 | 5 キルヒホッフの法則 | 6 臨界 |
| 7 半減期 | 8 速度 | 9 弾性散乱 |
| 10 非弾性散乱 | 11 照射線量 | 12 半価層 |
| 13 等価線量 | 14 吸収線量 | 15 実効線量 |

< ア の解答群 >

- | | | | |
|---|---|--|---|
| 1 $3.8 \times 10^{-6} \cdot C \cdot \frac{S_{gr}}{S_{air}}$ | 2 $4.4 \times 10^{-3} \cdot C \cdot \frac{S_{gr}}{S_{air}}$ | 3 $2.6 \times 10^5 \cdot C \cdot \frac{S_{gr}}{S_{air}}$ | 4 $1.6 \times 10^{24} \cdot C \cdot \frac{S_{gr}}{S_{air}}$ |
| 5 $3.8 \times 10^{-6} \cdot C \cdot \frac{S_{air}}{S_{gr}}$ | 6 $4.4 \times 10^{-3} \cdot C \cdot \frac{S_{air}}{S_{gr}}$ | 7 $2.6 \times 10^5 \cdot C \cdot \frac{S_{air}}{S_{gr}}$ | 8 $1.6 \times 10^{24} \cdot C \cdot \frac{S_{air}}{S_{gr}}$ |
| 9 $3.8 \times 10^{-6} \cdot C \cdot S_{air} \cdot S_{gr}$ | 10 $4.4 \times 10^{-3} \cdot C \cdot S_{air} \cdot S_{gr}$ | | |
| 11 $2.6 \times 10^5 \cdot C \cdot S_{air} \cdot S_{gr}$ | 12 $1.6 \times 10^{24} \cdot C \cdot S_{air} \cdot S_{gr}$ | | |

< L の解答群 >

- | | | |
|---------------|------------|---------------|
| 1 制動放射 | 2 電子なだれ | 3 光電効果 |
| 4 コンプトン散乱 | 5 ブラッグ反射 | 6 質量エネルギー吸収係数 |
| 7 質量エネルギー転移係数 | 8 質量減弱係数 | 9 線阻止能 |
| 10 初期運動エネルギー | 11 位置エネルギー | 12 線エネルギー付与 |
| 13 速度 | 14 内部エネルギー | 15 質量 |

< イ の解答群 >

- | | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| 1 0.1 | 2 0.2 | 3 0.5 | 4 2.0 |
| 5 4.0 | 6 6.0 | 7 8.0 | |

< ウ の解答群 >

- | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 1 2.6×10^{-5} | 2 5.9×10^{-5} | 3 9.4×10^{-5} | 4 2.6×10^{-4} | 5 5.9×10^{-4} |
| 6 9.4×10^{-4} | 7 2.6×10^{-3} | 8 5.9×10^{-3} | 9 9.4×10^{-3} | 10 2.6×10^{-2} |
| 11 5.9×10^{-2} | 12 9.4×10^{-2} | 13 2.6×10^{-1} | 14 5.9×10^{-1} | 15 9.4×10^{-1} |