

2021 年度 医学物理士認定試験

記述式 物理工学系試験問題

試験時間 9:45 ~ 11:15 90 分間

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはならない。
2. 問題冊子は 1~10 ページまでの 10 ページ、問題は 5 科目各 2 問の計 10 問である。
3. 解答用紙は計 3 枚で上部がのり付けされている。指示されたら丁寧に切り離しなさい。
4. 印刷不鮮明、ページの落丁、乱丁及び解答用紙の枚数不足、汚れ等に気付いた場合、解答中に解答用紙を破損した場合は、解答用紙を交換するので静かに手を挙げて監督員に知らせること。
5. 5 科目から 3 科目、1 科目について 1 問を選択し、合計 3 問について解答すること。上記以外は無効となる。
6. 1 問につき解答用紙 1 枚（表裏 2 ページ）以内で解答すること。
7. すべての解答用紙に受験番号、氏名を記入し、解答した科目名と問題記号に○印を例のように描くこと。（例は、放射線診断物理学 問題 A について解答した場合である。）

受験番号および氏名の上に、点線に沿って保護シールを 3 枚の解答用紙にそれぞれ貼り付けること。

科 目 名	放射線診断物理学	問題記号	A	受験番号	21-	氏 名
	核医学物理学		B			
	放射線治療物理学					
	放射線計測学 保健物理学/放射線防護学					

8. すべての解答用紙を回収するので、3 枚の解答用紙を机の上に置くこと。
9. 途中退場はできない。ただし、トイレや発病等の場合は、黙って手を挙げ、監督員の指示にしたがうこと。
10. 問題冊子の持ち出しはできない。
11. 受験番号と氏名を記載すること。

受験番号 21- 氏名 _____

以上

科目名 放射線診断物理学

問題 A X線高電圧装置について以下の設問に答えよ。

設問 1 次の説明文の空欄（ a ）～（ g ）に入る用語を記せ。

一般に、X線高電圧装置は、（ a ）と（ b ）で構成される。
X線高電圧装置はX線管に加える（ c ）を発生し、（ b ）は（ a ）に供給する電力とX線発生を制御するのに必要なすべての機能を統合している装置である。
X線高電圧装置は（ d ）式から発展し、1960年以降、（ e ）式、（ f ）式等が開発され、現在は（ g ）式が主流となっている。

設問 2 （ g ）式のX線高電圧装置について、その動作原理を説明せよ。

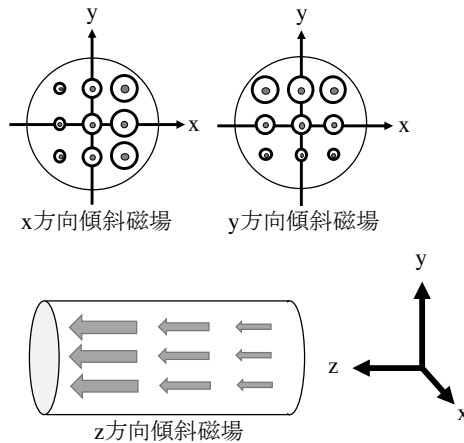
設問 3 （ g ）式のX線高電圧装置について、（ d ）式、（ e ）式、（ f ）式に対する利点について説明せよ。

科目名 放射線診断物理学

問題 B 磁気共鳴画像法<MRI>の画像形成について以下の設問に答えよ。

設問 1 次の説明文の空欄 (a) ~ (d) に入る用語を記せ。
ただし、下図に示すような原点中心の位置座標とする。

MRIは人体からの (a) 信号に傾斜磁場を用いて空間情報を付与し画像化する。傾斜磁場には x, y, z 方向傾斜磁場があり、磁場方向は常に (b) の方向で、位置座標に比例し磁場強度が傾斜的に変化する。得られる画像の各ピクセルの信号源は、それぞれに対応する立体的なボクセル内の (c) であり、それらのベクトル和を (d) と定義し、その挙動が画像信号を決める。



設問 2 スライス選択の原理を説明せよ。また、空欄 (e) ~ (g) に用語を記入し、スライス選択における傾斜磁場と断層面の関係を完成させよ。

スライス選択傾斜磁場	断層面
x 方向傾斜磁場	(e)
y 方向傾斜磁場	(f)
z 方向傾斜磁場	軸位断
(g)	斜断面

設問 3 スライス厚を決定する要素を列記しなさい。また、それらの要素とスライス厚との関連を述べよ。

科目名 核医学物理学

問題 A パラレルホールコリメータについて以下の設問に答えよ。

設問 1 コリメータの高さ a 、孔径 d 、壁厚 t 、通過する孔壁の枚数 n における、孔壁を横切る入射 γ 線の総経路長 $w(n)$ を示す。孔壁を 1 枚しか通過しない時の壁厚 t を求めよ。ただし、 $a \gg d$ 、 $a \gg t$ とする。

$$w(n) = nt \sqrt{1 + \left\{ \frac{a}{(n+1)d + nt} \right\}^2}$$

設問 2 設問 1 の時、 γ 線の透過率が 3% 以下となる $w(1)$ を求めよ。ただし、 $\log_e 0.03 \doteq -3.5$ とする。

設問 3 $a = 45 \text{ mm}$ 、 $d = 2 \text{ mm}$ 、透過率 3% とした時、141 keV γ 線に対する鉛の壁厚 t [mm] を求めよ。ただし、141 keV γ 線に対する鉛の線減弱係数は 20 cm^{-1} とする。

設問 4 装置におけるコリメータ壁厚の使い分けについてキーワードを使用して記せ。
<線減弱係数、エネルギー、ペネトレーション>

科目名 核医学物理学

問題 B ある画像再構成法に用いられる式を以下に示す。

$$\lambda_j^{(k)} = \frac{\lambda_j^{(k-1)}}{\sum_{i=1}^N C_{ij}} \cdot \sum_{i=1}^N \frac{y_i C_{ij}}{\sum_{j'=1}^M C_{ij'} \lambda_{j'}^{(k-1)}}$$

ここで、 $k (\geq 1)$ は計算の繰り返し回数、 $\lambda_j^{(k)}$ は繰り返し計算 k 回後における j 番目の画素の推定画素値、 $\lambda_j^{(0)}$ は初期画素値、 M は画素数、 y_i は i 番目の投影データ、 N は投影データ数、 C_{ij} は i 番目の投影データが j 番目の画素値に寄与する確率を表す量とする。この画像再構成法について以下の設問に答えよ。

設問 1 名称を日本語で記せ。また、アルファベット 4 文字を含む略称も記せ。

設問 2 **FBP** 法に比べて優れている点を 3 つ、それぞれ 25~50 字で説明せよ。ただし、下記のキーワードを用いること。

<非負、統計雑音、カウント数、初期画素値、散乱減弱補正>

設問 3 サブセットを用いる高速計算法について、その名称と概要を 50~100 字で説明せよ。

設問 4 仮に $M = 3$ 、 $N = 3$ 、 C_{ij} が以下の行列で表され、 $y_1 = y_3 = 1/2$ 、 $y_2 = 0$ 、画素値の初期値を全て $1/3$ とする。このとき、繰り返し回数 2 回で推定される 2 番目の画素値を計算せよ。

$$C_{ij} = \begin{pmatrix} 0 & 1/2 & 1/2 \\ 1/2 & 0 & 1/2 \\ 1/2 & 1/2 & 0 \end{pmatrix}$$

科目名 放射線治療物理学

問題 A 電子リニアックについて以下の設問に答えよ。

設問 1 ターゲット、セカンダリコリメータ、プライマリコリメータ、フラットニングフィルタ、モニタ電離箱を持つリニアックのヘッド構造を図示して説明せよ。

設問 2 設問 1 のそれぞれの構成要素の主な役割を説明せよ。

設問 3 W と Cu の二層ターゲットのそれぞれの主な役割を説明せよ。

設問 4 フラットニングフィルタを有する光子線に対するフラットニングフィルタが無い場合の光子線の線質、線量分布の違いを説明せよ。

科目名 放射線治療物理学

問題 B 治療計画の概要を以下に記す。以下の設問に答えよ。

<治療計画の概要>

計画標的は球形で等方的に 5 mm のマージンを付した。計画標的に対する 6 MV の光子線による通常照射における線量および照射回数は、それぞれ $D_{95\%} = 70$ Gy、35 回とした。最大線量は計画標的の中心で 77 Gy であった。また、計画標的の辺縁ほど線量が低下した線量分布が得られた。なお、標的および標的の周囲は水等価物質であり、計画標的の周辺の線量を可能な限り低減した。

設問1 計画標的の $V_{70\text{Gy}} = 5$ cc であった。計画標的の体積[cc]を求めよ。

設問2 標的位置が治療計画通りおよび 5 mm ずれている場合において、1 回照射の標的の dose volume histogram (DVH) について横軸を線量 [Gy]、縦軸を体積 [%] で同一の図に示せ。

ただし、各軸と交わる箇所については数値を記載すること。

設問3 体内マーカは、標的位置のずれを検出および補正する目的で用いられる。照射前に確認すべきことを 2 つ述べよ。

設問4 同様の位置決めで、標的の周囲が水等価物質および肺等価物質の場合である 1 門のビームを照射し、標的の中心位置におけるビーム軸に垂直方向の線量プロファイルを取得した。ペナングラフの違いとそのようになる理由を述べよ。

科目名 放射線計測学

問題 A 放射線計測の測定誤差と不確かさについて以下の設問に答えよ。

設問 1 ある評価値 u が測定値 x, y, z の関数として表され、各測定値の測定誤差が $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ で表されるとき、評価値 u の誤差 σ_u を誤差の伝播式から導いて記せ。

設問 2 弱い放射線源に対して GM 計数管で放射能の測定を行う場合を想定する。放射線源を置いた場合の測定時間 t_s [分] における計数値が N_s カウント、放射線源を置かない場合の測定時間 t_b [分] における計数値が N_b カウントであった場合の放射能 A [Bq] とその測定誤差 σ_A を記せ。

ただし、用いた放射線源に対する GM 計数管の検出効率を e とし、検出効率と測定時間の誤差は無視できるものとする。また、1 崩壊あたり 1 つの放射線が放出されるものとする。

設問 3 設問 2 において、検出効率の誤差が無視できない場合の測定誤差 σ'_A を表せ。ただし、線源を置いた場合の計測時間に対する誤差を σ_{t_s} [分]、線源を置かない場合の計測時間に対する誤差を σ_{t_b} [分] とする。

設問 4 測定の不確かさは GUM (Guide to the expression of uncertainty in measurements) の考え方に従って標準不確かさとして表すことができる。設問 3 における GM 計数管による放射能測定の標準不確かさの導出手順について 500 字以内で説明せよ。なお、不確かさに関与する可能性のある因子について、考えられるものを可能な限り列挙し、必要に応じて図や表を用いても良い。

科目名 放射線計測学

問題 B 電離箱の校正と測定プロトコルについて以下の設問に答えよ。

設問 1 基準線量計によって求めた線量率 X と測定時間 t における被校正器の読み取り値 R を用いて校正定数 N を式で記せ。

設問 2 校正を行う際に、線量計の空洞内空気の状態に影響を与える要因を 3 つ挙げて説明せよ。

設問 3 測定プロトコルには標準計測法 12 が使用されているが、測定対象の線質の違いを補正する線質変換係数を式で 2 通り記せ。

ただし、線量 D 、線質 Q 、質量衝突阻止能比 (S/ρ)、 W 値、全擾乱係数 P を使用し、必要に応じて添字で線質および媒質の違いを記載すること。

設問 4 トレーサビリティについて、以下の用語を使用して説明せよ。
<基準線量計、国家標準、校正事業者、ユーザ、校正の連鎖>

科目名 保健物理学/放射線防護学

問題 A 電離放射線障害防止規則改正における「眼の水晶体に受ける等価線量限度の改正に係る具体的事項等について」令和 2 年厚生労働省医政局長通知発出（医政発 1027 第 4 号）に記載されている内容について以下の設問に答えよ。

設問 1 X 線診療時の不均等被ばく評価における眼の等価線量を算定するための測定に適切と認められる線量計の装着位置および線量当量を記せ

設問 2 5 年のブロック管理の始期を記せ。

設問 3 眼の等価線量が年間 20 mSv を超えた放射線診療従事者等への対応について記せ。

設問 4 水晶体の被ばく限度の経過措置について、経過措置対象医師の指定等に関する具体的事項と水晶体の被ばく限度の経過措置を記せ。

科目名 保健物理学/放射線防護学

問題 B ICRP Publication 103 の三つの被ばく状況について以下の設問に答えよ。

設問 1 三つの被ばく状況の名称を記せ。

設問 2 それぞれの意味を、具体的に例を 2 つ挙げて説明せよ。

設問 3 それぞれの被ばく状況に対し、線量限度・線量拘束値・参考レベルのうち、適用されるものを記せ（ただし、適用なしの場合もある）。職業被ばく・公衆被ばく・医療被ばく別に答えよ。