

2018 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 1～12 ページまでの 12 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	18 -	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。問題冊子は持ち帰ること。
9. 試験開始 30 分後から退出可能である。退出する場合はすべての解答用紙を伏せて机の上に置き、問題冊子、荷物を持ち出すこと。退出後試験時間中の再入場はできない。
10. 試験終了 5 分前からの途中退室はできない。

以上

科目名 放射線診断物理学

問題A CR システム用のイメージングプレートについて、以下の設問に答えよ。

設問1 使用される蛍光体の化学式を示せ。

設問2 付活剤の役割を説明せよ。

設問3 F 中心が形成される場所を説明せよ。

設問4 F 中心の役割を説明せよ。

科目名 放射線診断物理学

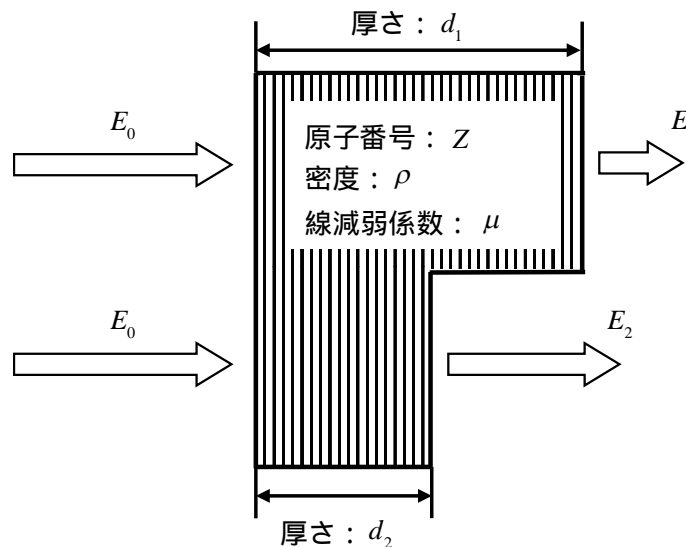
問題B X線画像診断におけるX線画像の形成について、以下の設問に答えよ。

設問1 波長が非常に短い電磁波であるX線は高い物質透過性を示す。その理由を説明せよ。

設問2 X線は物質の原子番号が高いほど、密度が高いほど、厚いほど減弱しやすい。その理由を説明せよ。

設問3 下図に示すように、原子番号 Z 、密度 ρ 、線減弱係数 μ 、厚さ d_1 および d_2 の階段状の被写体に単色X線を照射した。入射線量を E_0 、それぞれの厚さ部分の透過線量を E_1 および E_2 として、次の(1)～(3)の問いに答えよ。

- (1) 被写体コントラストを「被写体の異なる部分を透過したX線量の常用対数値の差」と定義した時、このX線照射で形成される被写体コントラストはいくらか。線減弱係数を含む式で表せ。
- (2) 被写体コントラストの大きさが入射線量 E_0 に依存しないことを示せ。
- (3) 物質の原子番号、密度、厚さ、X線の波長以外に被写体コントラストに影響する因子を記せ。



科目名 核医学物理学

問題 A SPECT の画像再構成で利用されるフィルタを次式で示す。以下の設問に答えよ。
ただし、 $H(f)$ は空間周波数 f に対する周波数特性である。

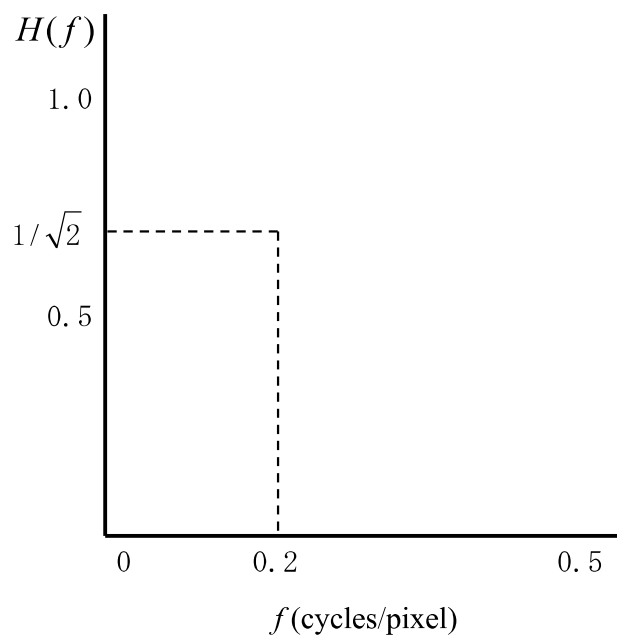
$$H(f) = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_c}\right)^{2n}}}$$

設問 1 フィルタの名称を記せ。

設問 2 f_c の名称を記せ。

設問 3 このフィルタの使用目的と特徴を記せ。

設問 4 次数 n が 1、3、5 のとき、下図を参考にしてそれぞれの周波数特性を図示せよ。
ただし、 f_c は 0.2 cycles/pixel とする。



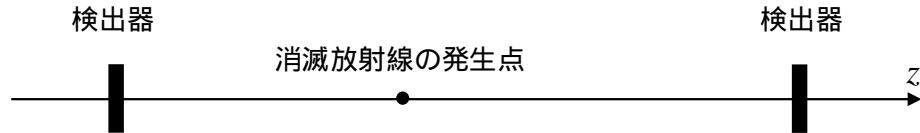
科目名 核医学物理学

問題 B PET 装置の TOF 法について、以下の設問に答えよ。

設問 1 TOF は何の略か英語と日本語で記せ。

設問 2 光子が時間 1 ns に真空中で移動する距離を求めよ。

設問 3 対向する 1 対の検出器で消滅放射線ペアを同時計数するとき、消滅放射線の発生位置 z を推定する式を求めよ。ただし、消滅放射線が発生した時刻を t_0 、各検出器での検出時刻を t_1 および t_2 、真空中の光速を c とする。なお、下図を参考にして座標原点の定義、消滅放射線の経路長等を図示せよ。



設問 4 検出器単体での時間分解能(FWHM)を Δt とするとき、 z の位置分解能 Δz (FWHM) を表す式を求めよ。また、具体例として、 $\Delta t = 400$ ps の場合の位置分解能 Δz (FWHM) を求めよ。

設問 5 近年、臨床用装置に TOF 法が実装されてきている。そのメリットとデメリットを説明せよ。

科目名 放射線治療物理学

問題 A マルチリーフコリメータ (MLC) を用いた強度変調について、以下の設問に答えよ。

設問 1 1 対のリーフの双方とも一方向への移動で強度変調を作り出す方法を述べよ。

設問 2 tongue and groove 構造を説明せよ。

設問 3 MLC からの透過線量を 3 つに分類し説明せよ。

設問 4 DMLC として使用するための物理的確認項目を述べよ。

科目名 放射線治療物理学

問題 B 次の文章を読み、設問に答えよ。

Radiation physics relevant to photon inhomogeneity calculation

The deposition of energy in tissue from a photon beam is fundamentally a two-step process:

- (A) the photons interact in the medium to impart kinetic energy to charged particles
- (B) charged particles then deposit their given energy through ionization and excitation events along a finite track

If (1) is established, then there is a linear relationship between total energy released per mass (terma) and absorbed dose. However, if this condition does not hold (e.g., at tissue interfaces and beam edges), this simplification is invalid and the two steps must be more clearly distinguished.

A. Photon Interactions: The TERMA Step

In a therapeutic photon beam, a large number of photons are incident on the patient. The terma is given as the product of the mass attenuation coefficient μ/ρ and the (2) Ψ at a point. In water-like tissues, the probability of (3) dominates (> 80 %) for energies between 0.05 MeV and 10 MeV. Thus, accurate modeling of (3) is an essential ingredient of any method of inhomogeneity correction for megavoltage photon beams.

B. Charged Particle Interactions: The DOSE Step

All the photon interactions release some energy to recoil charged particles which are ultimately responsible for energy deposition in tissue. The charged particles are launched with a spectrum of initial energies and directions. These particles then slow down through (4) , which deposit energy locally along the particle track and (5) that carry energy remotely away from the charged particle track. To include only local energy deposition, the mass collisional stopping power is thus more relevant to the energy deposited locally along the path of a charged particle.

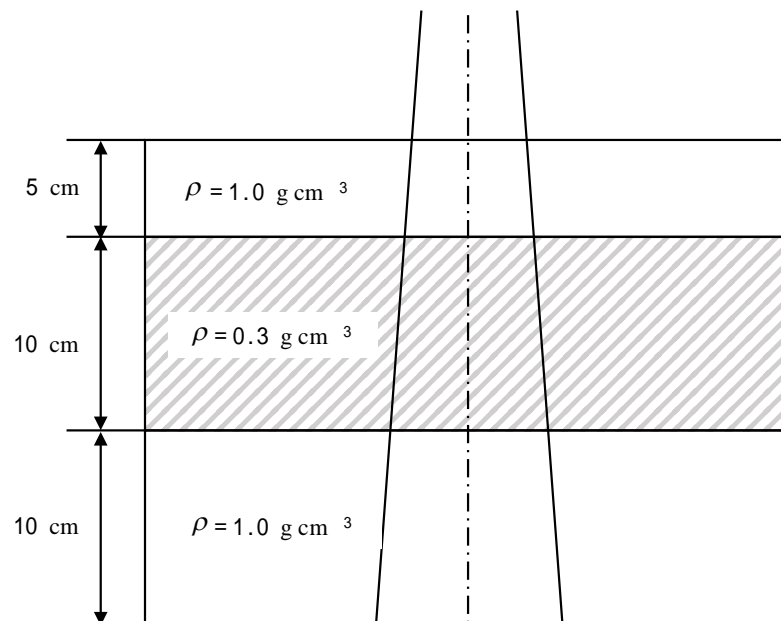
設問1 文中の(1)から(5)に入る適当な語句を英語または日本語で答えよ。

設問2 AAPM Report 85における線量計算(不均質補正)アルゴリズムの分類を表に示す。
表中の(6)から(8)に入るアルゴリズムを答えよ。

表 AAPM Report 85における計算アルゴリズムの分類

	terma	吸収線量
1次元	(6)	(7)
3次元	ETAR	(8)

設問3 胸部をモデルとして密度の異なる3層で構成されたファントムを図に示す。このファントムに10 MVの光子ビームを5 cm×5 cmの照射野で垂直に入射させた場合、アルゴリズム(6)および(8)で算出された中心軸上のPDDの変化を図示せよ。また、アルゴリズムによりPDD曲線に違いがある場合は、その理由を述べよ。



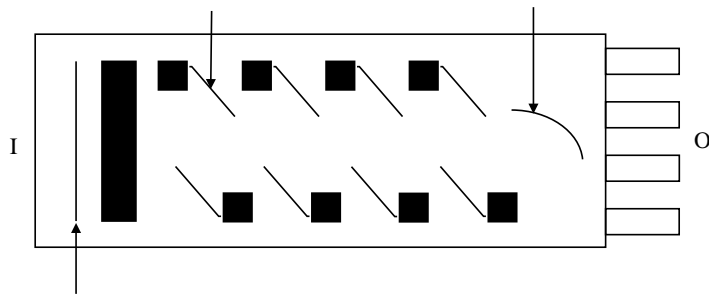
出典: Papanikolaou N, Bastista JJ, Boyer AL, et al. : Tissue inhomogeneity corrections for megavoltage photon beams, AAPM Report 85, American Association of Physicists in Medicine, 2004. (一部改変)

科目名 放射線計測学

問題 A NaI(Tl)シンチレータに光電子増倍管を接続して ^{137}Cs からの γ 線で生ずる波高分布を取得する。以下の設問に答えよ。

設問 1 NaI(Tl)シンチレータの発光原理を述べよ。

設問 2 光電子増倍管の概略図を示す。図中で I は入力面、O は出力端子である。図中の ~ の名称と役割を記せ。



設問 3 が多数個存在する理由を説明せよ。

設問 4 取得される波高分布を図示せよ。また、波高分布は γ 線のエネルギースペクトルとは異なるが、その理由をエネルギー領域ごとに説明せよ。

設問 5 (1) 光電効果により発生するシンチレーション光子数を求めよ。ただし発光量は 38000 光子/MeV とする。

(2) 前問(1)の場合に光電子増倍管から出力される電子数を求めよ。ただし光電子増倍管の集光効率を 50%、量子効率を 20% とする。

(3) 前問(1)および(2)の結果を用いて、得られるエネルギースペクトルのエネルギー分解能を求めよ。

(4) NaI(Tl)シンチレータよりエネルギー分解能が高いシンチレータを 1 つあげよ。

科目名 放射線計測学

問題 B 形状および材質が同一のリファレンス電離箱線量計（以下、 R とする。）とフィールド電離箱線量計（以下、 F とする。）を用い、線質 Q のユーザビームで相互校正をおこなう。以下の設問に答えよ。

設問 1 基準線質 Q_0 における R と F の水吸収線量校正定数をそれぞれ N_{D,w,Q_0}^{ref} 、 N_{D,w,Q_0}^{field} とする。また校正点での R と F の表示値をそれぞれ M_Q^{ref} 、 M_Q^{field} とする。

(1) N_{D,w,Q_0}^{field} を N_{D,w,Q_0}^{ref} 、 M_Q^{ref} 、 M_Q^{field} を用いて記せ。なお導出経過も示すこと。

(2) N_{D,w,Q_0}^{field} の不確かさを、 N_{D,w,Q_0}^{ref} 、 M_Q^{ref} 、 M_Q^{field} の各不確かさをを用いて表せ。

なお導出経過も示すこと。

(3) N_{D,w,Q_0}^{ref} 、 M_Q^{ref} 、 M_Q^{field} の各不確かさが全て 1.0 % であるとき、 N_{D,w,Q_0}^{field} の不

確かさを求めよ。

設問 2 R と F 共通の補正係数の一つに、大気補正係数があげられる。

(1) ボイル・シャルルの法則から出発し、大気補正係数を導出せよ。また、気温や気圧の不確かさは、 R や F の指示値にどのような影響を与えるか理由を付して述べよ。

(2) 気温計測の不確かさが 0.03、気圧計測の不確かさが 0.1 hPa で与えられている。大気補正係数の不確かさを求めよ。

ただし、大気環境は診療に適しているものとする。

科目名 保健物理学/放射線防護学

問題 A 水晶体被ばくについて以下の設問に答えよ。

設問 1 ICRP Publication 118 にて新しく示された慢性被ばく時の白内障しきい線量値と等価線量限度を記せ。

設問 2 ICRP Publication 118 にて推奨されている測定モニタリング量とモニタリング位置を記せ。

設問 3 現在、日本で定められている等価線量限度と測定モニタリング量およびその評価方法について記せ。

設問 4 防護方法について記せ。

科目名 保健物理学/放射線防護学

問題 B 内部被ばく線量評価における摂取量評価方法について以下の設問に答えよ。

設問 1 体外計測法についてキーワードを用いて説明し、注意すべき点について述べよ。

(キーワード：検出器、透過、核種、校正)

設問 2 バイオアッセイ法についてキーワードを用いて説明し、注意すべき点について述べよ。

(キーワード：試料、核種、体内動態モデル)

設問 3 空气中放射性物質濃度からの計算法についてキーワードを用いて説明し、注意すべき点について述べよ。

(キーワード：呼吸量、摂取量、濃度、ダストモニタ)

設問 4 原子力発電所事故の際、一般公衆の内部被ばく線量評価が難しい理由をキーワードを用いて述べよ。

(キーワード：摂取量、摂取経路、半減期)