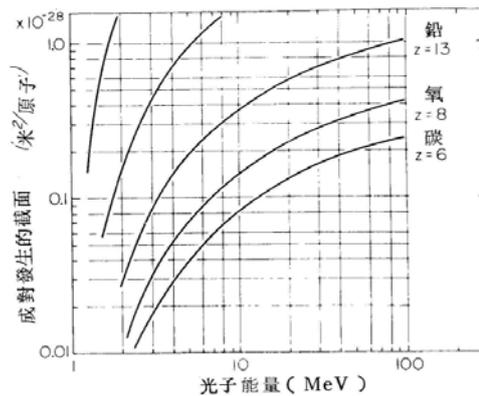


可使用電子計算機

(共 8 題，總分 100 分)

1. 一個射束含有 10^8 個光子，每一個光子的能量為 10 MeV，撞擊到每 m^2 含有 10^{30} 個原子的鉛板上，利用下圖的發生截面，計算下列問題。(a) 求出由成對發生(pair production)過程從射束移走的光子的數目 (5 分)? (b) 計算轉換成動能的能量 (5 分)?

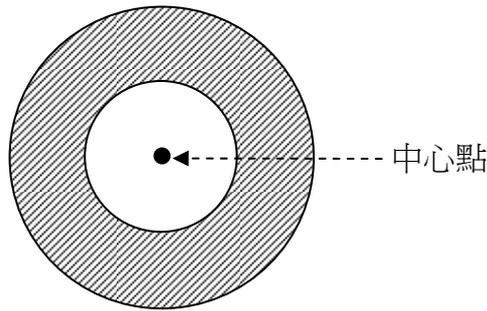


2. 當放射性核種 $^{226}_{88}Ra$ 衰變到 $^{222}_{86}Rn$ 時，5.5% 的頻率發射一個 4.6 MeV 的 α 粒子。已知這種衰變中釋放的總能量 $Q = 4.88$ MeV。試問在衰變中， $^{222}_{86}Rn$ 的彈跳能量(recoil energy)為多少 (5 分)?
3. 在核子醫學裡，廣泛地利用 ^{99}Mo 同位素產生器來供應 ^{99m}Tc 的同位素。假設現在有極純的放射性母核種 ^{99}Mo ，其衰變後的子核種為 ^{99m}Tc ，而會再衰變成子核種 ^{99}Tc ，如下圖所示。令母核種 ^{99}Mo 的原子數目隨時間的變化為 $N_1 = (N_1)_0 \exp(-\lambda_1 t)$ ，其中 $(N_1)_0$ 為母核種在時間 $t=0$ 時的原子數目，且子核種 ^{99m}Tc 的數目為 N_2 ， λ_1 及 λ_2 分別是母核種 ^{99}Mo 及子核種 ^{99m}Tc 的衰變常數。



- (a) 試推導出 ^{99m}Tc 的量 (N_2) 隨時間變化的方程式 (10 分)?
- (b) 已知 ^{99}Mo 與 ^{99m}Tc 的半衰期分別為 66.7 與 6 小時。試畫出母核 ^{99}Mo 與子核 ^{99m}Tc 活性隨時間變化的關係圖，使用對數(log)作圖 (5 分)?
- (c) 核醫部在星期二早上 9:00 接到一部活性為 100 mCi 的 ^{99}Mo 產生器，於星期四早上 9:00 把所有的 ^{99m}Tc 全部擠出，且在中午前 ^{99m}Tc 都使用完了。當天下午核醫部來了一位新病人需要使用 ^{99m}Tc ，試問在下午 2:00 的時候約可以擠出多少活性的 ^{99m}Tc (10 分)?

4. 計算 200 kVp 的 X 光機滲漏輻射與散射輻射之次防護屏蔽時，求得滲漏輻射需 4 HVL(half-value layer)，已知鉛對 X 光機之 HVL 為 0.4 mm，屏蔽散射輻射需 2.0 mm，試問次防護屏蔽應為多少 HVL (5 分)？
5. 電腦斷層(CT)、單光子電腦斷層(SPECT)以及正子斷層造影(PET)，都使用類似的影像重建方法，包含傅利葉分析以及疊代法。
- (a) 請描述 Filtered Back Projection 以及 Iterative Line Correction 的影像重建原理 (10 分)？
- (b) 假設我們在一個圓球形物體獲得一張 PET 的橫切影像【如下圖：內圓為骨骼組織，密度為 1650 kg/m^3 ，半徑為 10cm，衰減係數 (μ/ρ) 為 $0.096 \text{ cm}^2/\text{g}$ ；外圓為肌肉組織，密度為 1040 kg/m^3 ，半徑為 20cm， (μ/ρ) 為 $0.092 \text{ cm}^2/\text{g}$ 】，在 PET 影像上我們偵測到中心點的強度為最外圍的 5 倍，試問經過衰減修正後，理論上中心點強度應修正為最外圍的多少倍 (10 分)？



6. 在臨床使用的超音波儀器中，今天我們使用一個頻率為 5.0 MHz 的平行式 transducer，假設今天想要檢查深度在 1.5 cm 內的組織的病變。
- (a) 試問 transducer 的大小至少多大才能在 1.5 cm 內維持射束的一致性 (beam coherent) (5 分)？
- (b) 續上題，在那樣大小的 transducer 下，深度 3.0 cm 處，測量到的射束寬度會變多大 (10 分)？
7. 現今的醫院中，愈來愈多醫院使用較強磁場的磁振掃描儀 (MRI)。假設現在醫院汰換了一台舊的 MRI，並且即將採購一台較高磁場的 MRI，若主磁場從原本的 1.5T 增加 3.0T 的磁場強度。
- (a) 試問組織的 T1、T2 及 Proton Density 物理特性會有怎麼樣的改變，請說明為什麼 (5 分)？
- (b) 除了上述常見的物理特性外，Echo-Planar Imaging (EPI)、Susceptibility-Weighted Image (SWI)、Time-of-flight MR Angiography (TOF MRA) 的影像上是否有無差異，若有差異請分別說明為什麼 (5 分)？
8. 若我們要在 3T MRI 中掃描 2D Spin Echo T2 權重影像，假設儀器參數設定如下：TR=6000 ms, TE=100 ms, slice thickness=2 mm, Field-of-view = $10 \times 10 \text{ cm}^2$, Matrix size = 256×256 , Transmission Bandwidth = 5 kHz 及 Receiver Bandwidth = 100 kHz。
- (a) 請問這台 3T MRI 所搭配的梯度磁場至少要多大，才能掃描出所要的影像 (5 分)？
- (b) 已知脂肪與水在 3T 下的頻率相差 3.5 ppm，請計算在影像上會看到脂肪與水的訊號偏移了多少像素 (pixel) (5 分)？