

類 科：輻射安全
科 目：輻射安全
考試時間：2小時

座號：_____

※注意：(一)可以使用電子計算器。

(二)不必抄題，作答時請將試題題號及答案依照順序寫在試卷上，於本試題上作答者，不予計分。

(三)本科目除專門名詞或數理公式外，應使用本國文字作答。

一、以S表示阻擋本領 (stopping power)， ρ 代表物質的密度。 $(\frac{S_{col}}{\rho})_{lead}$ 和 $(\frac{S_{col}}{\rho})_{water}$ 分別代表鉛 (lead) 和水 (water) 的質量碰撞阻擋本領 (mass collision stopping power)； $(\frac{S_{rad}}{\rho})_{lead}$ 和 $(\frac{S_{rad}}{\rho})_{water}$ 分別表示鉛和水的質量輻射阻擋本領 (mass radiation stopping power)。今有動能為0.5 MeV的電子射束分別與鉛和水作用：(每小題10分，共20分)

(一)比較 $(\frac{S_{col}}{\rho})_{lead}$ 和 $(\frac{S_{col}}{\rho})_{water}$ 的大小，並說明原因。

(二)比較 $(\frac{S_{rad}}{\rho})_{lead}$ 和 $(\frac{S_{rad}}{\rho})_{water}$ 的大小，並說明原因。

二、假設有一碳壁游離腔，其內含有一體積為 0.6 cm^3 之空氣腔。將此游離腔置放在水假體內，經鈷-60所發射的 γ 射線曝露，而產生 1.2×10^{-8} 庫侖之電子電量。 W_{air} 等於 $33.85 \text{ eV/ion pair}$ 。請使用以下表格資訊：

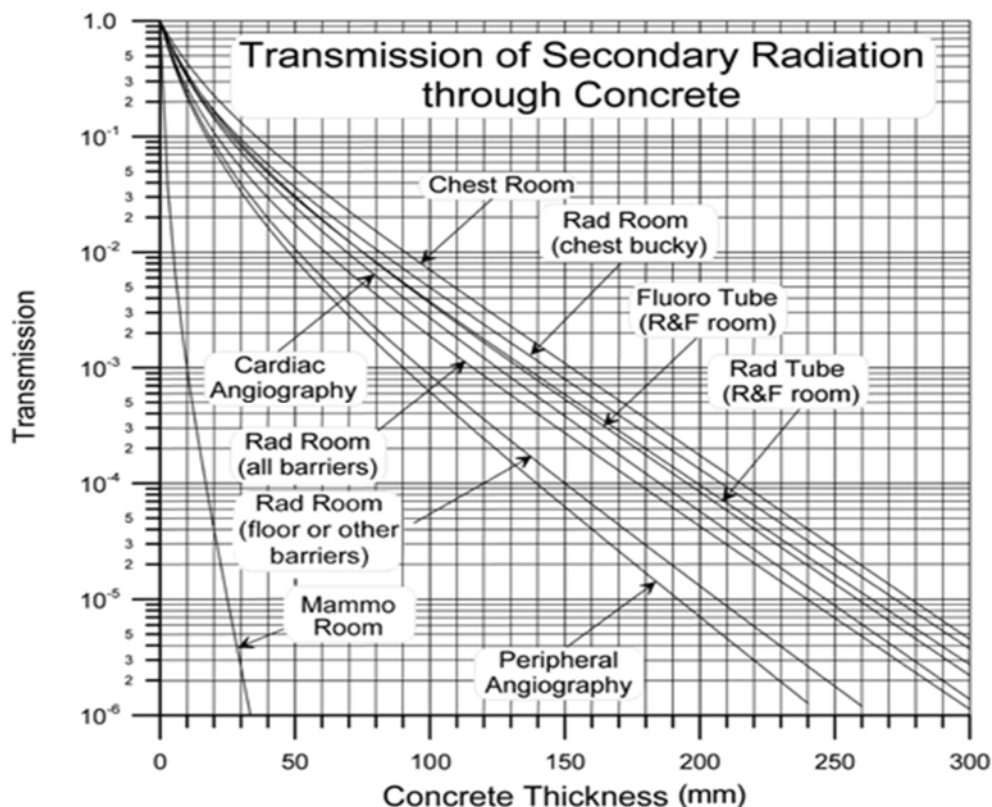
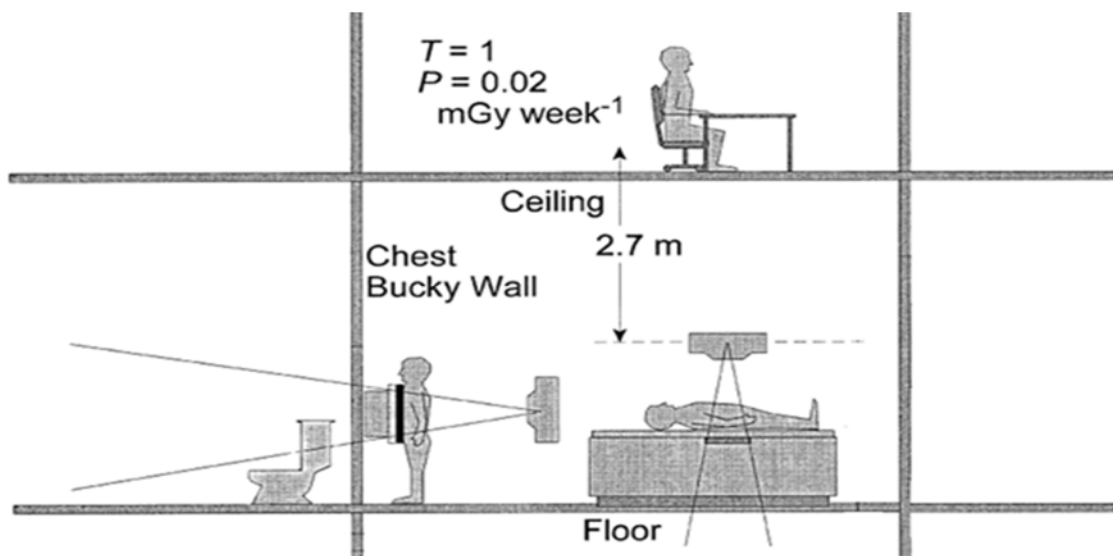
物質	密度 (g/cm^3)	S (MeV/cm)	μ ($1/\text{cm}$)	μ_{en} ($1/\text{cm}$)
Air	0.001205	1.932×10^{-3}	6.853×10^{-6}	3.213×10^{-6}
Water	1.00	1.845×10^0	6.323×10^{-3}	2.670×10^{-3}
Carbon	2.00	3.342×10^0	1.138×10^{-2}	5.930×10^{-3}

其中，S是阻擋本領， μ 是直線衰減係數 (linear attenuation coefficient)， μ_{en} 是直線能量吸收係數 (linear energy-absorption coefficient)。請由Bragg-Gray principle和其它劑量轉換以計算：(每小題10分，共20分)

(一)空氣腔處填充碳材質的吸收劑量(mGy)？

(二)水之吸收劑量(mGy)？

三、以NCRP第147號報告評估屏蔽厚度。已知 K_{sec}^1 是指在無屏蔽條件下，以平均每人工作負荷照射，非主射束（secondary beam）在一米處造成的空氣克馬。一般X光攝影室（Rad Room）含Chest bucky、Floor和其它方向的X光攝影室，其 $K_{sec}^1=4.9 \times 10^{-2}$ mGy/patient。若此攝影室每週平均有125位受檢者。占用因數（ T ）、 P 值和相對距離如下圖所示。請對照穿透率水泥厚度圖（Transmission of Secondary Radiation through Concrete）的Rad Room（all barriers）曲線，計算天花板（Ceiling）水泥屏蔽厚度？（20分）



四、一個工作水平 (working level, WL) 定義在每公升氡氣活度100 pCi，在氡和其短半衰期子核維持活度平衡的狀態下，短半衰期子核最終潛在釋出 α 粒子的

總能量為 1.3×10^5 MeV。請由以下核種衰變資訊：(每小題10分，共20分)

$^{218}\text{Po} \rightarrow ^{214}\text{Pb} + \alpha$ (6.00 MeV)， ^{218}Po 的 $T_{1/2}$ 為3.07 min，括號內表示 α 的初始動能

$^{214}\text{Pb} \rightarrow ^{214}\text{Bi} + \beta^- + \bar{\nu}$ ， ^{214}Pb 的 $T_{1/2}$ 為26.92 min

$^{214}\text{Bi} \rightarrow ^{214}\text{Po} + \beta^- + \bar{\nu}$ ， ^{214}Bi 的 $T_{1/2}$ 為19.80 min

$^{214}\text{Po} \rightarrow ^{210}\text{Pb} + \alpha$ (7.69 MeV)， ^{214}Po 的 $T_{1/2}$ 為162.3 μs

$^{210}\text{Pb} \rightarrow ^{210}\text{Bi} + \beta^- + \bar{\nu}$ ， ^{210}Pb 的 $T_{1/2}$ 為22.23 year

(一)計算活度100 pCi的短半衰期子核 ^{218}Po 、 ^{214}Pb 、 ^{214}Bi ，其原子總個數各為何？

(二)推導出 1.3×10^5 MeV。

五、有一1.0 Ci的 ^{137}Cs 射源 (假設為點射源)，置放在鉛製球形屏蔽的中心位置。已知(1) ^{137}Cs 的比 γ 發射 (specific gamma-ray emission) 為

$6.64 \times 10^{-13} \frac{\text{C} \cdot \text{m}^2}{\text{kg} \cdot \text{MBq} \cdot \text{s}}$ ，(2)鉛對662 keV光子的直線衰減係數為 1.42 cm^{-1} ，

W_{air} 等於33.85 eV/ion pair。(3)此球形屏蔽對662 keV光子的增建因數 (build-up factor) 為2.3。須考慮散射輻射造成的劑量，請問要將1公尺處的空氣劑量率 (air dose rate) 下降到 $25 \mu\text{Gy/h}$ ，則鉛製球形屏蔽的厚度為何？(20分)