ΒΙΟΪΑΤΡΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΩΝ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΩΝ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΩΝ

7ο ΕΞΑΜΗΝΟ-ΣΕΜΦΕ 2005-06

21 Φεβρουαρίου 2006

ΕΞΕΤΑΣΗ **ΧΩΡΙΣ** ΒΙΒΛΙΑ, ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ, **ΚΙΝΗΤΑ** ΚΑΙ ΚΛΠ !

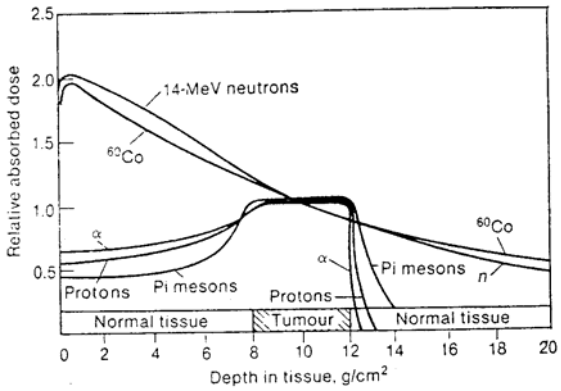
Χρόνος Εξέτασης 2½ ΩΡΕΣ

Θέμα 1. Η πειραματική μέτρηση της ανασχετικής ισχύος πρωτονίων ενέργειας 2 MeV σε ομογενές υλικό αλουμινίου είναι 11.2 MeV kg^{-1} m^2 (112 keV mg^{-1} cm^2). Βρείτε πόσο πλησιάζει η πειραματική την αντίστοιχη θεωρητική τιμή από τη σχέση των Bethe-Bloch, λαμβάνοντας υπόψη ότι το μέσο δυναμικό ιονισμού του αλουμινίου είναι ίσο με 11**Z** eV.

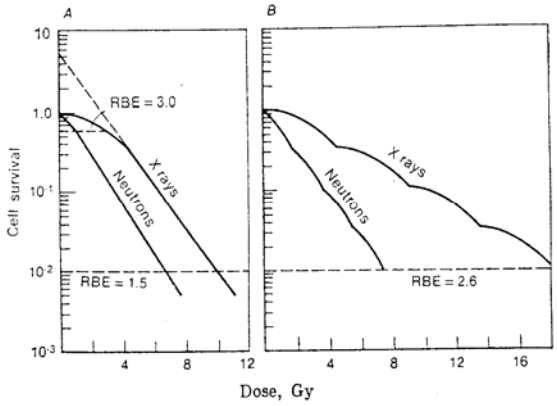
Θέμα 2. (α) Ποιές είναι οι βασικές αρχές της ακτινοπροστασίας για την αποφυγή ακτινοβόλησης των έμβιων οργανισμών. (β) Αν ένας εργαζόμενος σε πυρηνικό εργοστάσιο επιτρέπεται να λαμβάνει συνολική δόση ισοδύναμη με 1 mSv την εβδομάδα, για πόσες ώρες μπορεί να εργάζεται σε μια ειδική περιοχή όπου ο ρυθμός δόσης είναι 50 μSv/ώρα (γ) Σε τί επίπεδο πρέπει να μειωθεί ο ρυθμός ακτινοβόλησης της ειδικής περιοχής για να μπορεί να εργάζεται 40 ώρες την εβδομάδα.

Θέμα 3. (α) Εξηγείστε τι παριστάνουν τα διαγράμματα Α και Β και σε ποιές αρχές στηρίζεται το καθένα, (β) Εξηγείστε τη διαφορά μεταξύ διαγνωστικής και θεραπευτικής ακτινοβόλησης και σχολιάστε την συνεισφορά από τις δύο περιπτώσεις στη μέση δόση ακτινοβόλησης που λαμβάνει ο γενικός πληθυσμός, (γ) Προσδιορίστε την ποσότητα RBE = Radiation Biological Effect, από το διάγραμμα Β.

A



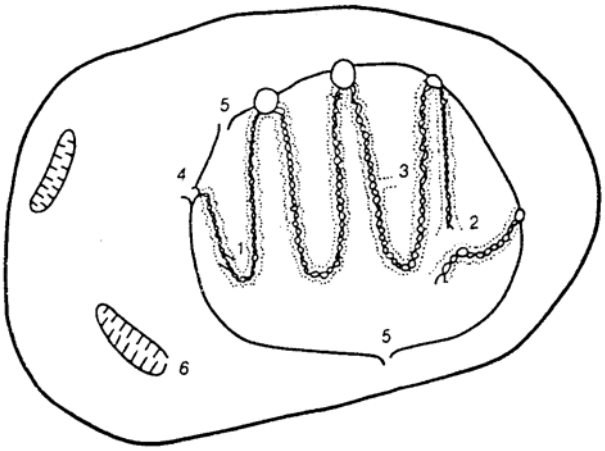
B



Θέμα 4.

(α) Αναγνωρίστε τις δομικές καταστροφές που έχει επιφέρει στα διάφορα αριθμημένα (1-6) μέρη του κυττάρου η ακτινοβόληση με ραδιενεργό ουσία.
(β) Γράψτε τις ακόλουθες αντιδράσεις:
Εκπομπή-3α του πυρήνα $^{238}_{92}U$
Εκπομπή-β^- του πυρήνα τριτίου
Εκπομπή-β^+ του πυρήνα $^{62}_{29}Cu$

(γ) Βρείτε τον χρόνο ημίσειας ζωής του ραδιενεργού ισοτόπου από την ακόλουθη σειρά μετρήσεων:



Χρόνος (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Ενεργότητα (c/min)	---	820	605	447	330	243	180	133	98

ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

$$m_p = 1.6726\times10^{-27}\,Kg = 1.0073\,amu = 939.6\,\frac{MeV}{c^2}$$

$$m_e = 9.1096\times10^{-31}\,Kg = 5.4859\times10^{-4}\,amu = 0.511\,\frac{MeV}{c^2}$$

$$c^2 = 8.98755\times10^{16}\,J/Kg$$

$$\frac{J}{MeV} = 1.6022\times10^{-13}$$

$$\alpha = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{e^2}{\hbar c} = \frac{1}{137},\quad \lambda\!\!\!^{-} = \frac{\hbar}{m_e c} = 386\ fm$$

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{1}{(4\pi\varepsilon_o)^2}\frac{4\pi z^2 e^4}{m_e u^2} NZ\ln\left(\frac{2m_e u^2}{I}\right) Jm^{-1},\ \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} = 8.99\times10^9\,\frac{Nm^2}{C^2},\quad e = 1.6\times10^{-19}\,C$$

$$N = N_o e^{-t/\tau},\qquad {}^{222}_{86}Rn,\quad {}^{218}_{84}Po,\quad {}^{60}_{27}Co,\quad {}^{60}_{28}Ni$$

ΛΥΣΕΙΣ ΘΕΜΑΤΩΝ

<u>Θέμα 1.</u>

$$-\frac{dE}{dx}=\left(8.99\times10^{9}\right)\frac{12.57\left(1.6\times10^{-19}\right)^{4}}{9.1\times10^{-31}\times u^{2}}\frac{N_A}{A}Z\ln\left(\frac{2m_e u^2}{I}\right)Jm^{-1}=$$

$$\left(8.99\times10^{9}\right)\frac{12.57\left(1.6\times10^{-19}\right)^{4}}{9.1\times10^{-31}\times u^{2}}\frac{6\times10^{23}}{0.027}13\ln\left(\frac{2m_e u^2}{I}\right)Jm^{-1}$$

$$\frac{2m_e u^2}{I}=\frac{4m_e}{m_p}\frac{1}{2}m_p u^2\frac{1}{I}=\frac{4}{1836}\frac{2\times10^{6}}{11\times13}=30.4\Rightarrow\ln\left(\frac{2m_e u^2}{I}\right)=3.42$$

$$u^2=\frac{2E}{m_p}=\frac{4\times10^{6}eV}{939.6\times10^{6}eVc^{-2}}=0.004257c^2=3.83\times10^{14}m^2s^{-2}$$

Επομένως
$$-\frac{dE}{dx}=\left(8.99\times10^{9}\right)^{2}\frac{12.57\left(1.6\times10^{-19}\right)^{4}}{9.1\times10^{-31}\times3.83\times10^{14}}\frac{6\times10^{23}}{0.027}13\times3.42\ Jkg^{-1}m^2$$

$$-\frac{dE}{dx}=1885\times10^{-15}Jkg^{-1}m^2=\frac{1885\times10^{-15}MeVkg^{-1}m^2}{1.6\times10^{-13}}=11.8\ MeV\ kg^{-1}\ m^2$$

<u>Θέμα 2.</u>

(α) Απόσταση από ραδιενεργό πηγή, χρόνος ακτινοβόλησης και θωράκιση ραδιενεργού πηγής.
(β) Δόση = Ρυθμός Δόσης X Χρόνος ➔ 1mSv = 50μSv/h X t ➔ t = 1000/50 h = 20h.
(γ) Ρυθμός Δόσης = 1mSv/40h = 25 μSv/h

<u>Θέμα 3.</u>

<u>Διάγραμμα Α:</u> Είναι η καμπύλη Bragg για διάφορα φορτισμένα σωματίδια, οποία οφείλεται στην απώλεια ενέργειας κατά Bethe-Bloch. Η πιο χαρακτηριστική περίπτωση είναι των π-μεσονίων με την πιο αποτελεσματική συγκέντρωση ενέργειας στην περιοχή του κακοήθους ιστού. Επίσης γίνεται σύγκριση της απώλειας ενέργειας με α-σωματίδια και πρωτόνια καθώς και με νετρόναι και ακτίνες-γ του κοβαλτίου-60, όπου η επιβάρυνση των υγιών ιστών είναι πολύ μεγάλη.
<u>Διάγραμμα Β:</u> Είναι η καμπύλη ακτινοβόλησης κυττάρων με απλή συνεδρία και με πολλαπλές συνεδρίες. Βλέπουμε ότι μπορούμε να πετύχουμε πολύ καλύτερο αποτέλεσμα με τις πολλαπλές συνεδρίες και επιπλέον μπορούμε να έχουμε το ίδιο αποτέλεσμα αλλά με μικρότερη απορροφούμενη δόση στην περίπτωση των νετρονίων έναντι των ακτίνων-Χ.

RBE = **Radiation Biological Effect** = ο λόγος της δόσης μιας ακτινοβολίας (ακτίνων-Χ) προς τη δόση μιας άλλης ακτινοβολίας (νετρόνια) με το ίδιο αποτέλεσμα δηλ τον αριθμό των κυττάρων που επιβιώνουν.

<u>Θέμα 4.</u>

(α)

1:	σπάσιμο απλής αλυσίδας DNA	4:	σπάσιμο κύκλου αλυσίδας DNA
2:	σπάσιμο διπλής αλυσίδας DNA	5:	σπάσιμο περιβλήματος DNA
3:	σπάσιμο περιβλήματος αλυσίδας DNA	6:	σπάσιμο μιτοχονδρίου

(β)

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{230}_{88}Ra + {}^{4}_{2}He \rightarrow {}^{228}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

$$^{3}_{1}T_2 \rightarrow {}^{3}_{2}He_1 + e^- + \bar{\nu}$$

$$^{62}_{29}Cu_{33} \rightarrow {}^{62}_{28}Ni_{34} + e^+ + \nu$$

(γ) (2.3 mins)