



ΙΑΤΡΙΚΗ ΦΥΣΙΚΗ

eclass: MED808

Π. Παπαγιάννης

Αν. Καθηγητής,
Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής,
Ιατρική Σχολή Αθηνών.

Γραφείο 21
210-746 2442

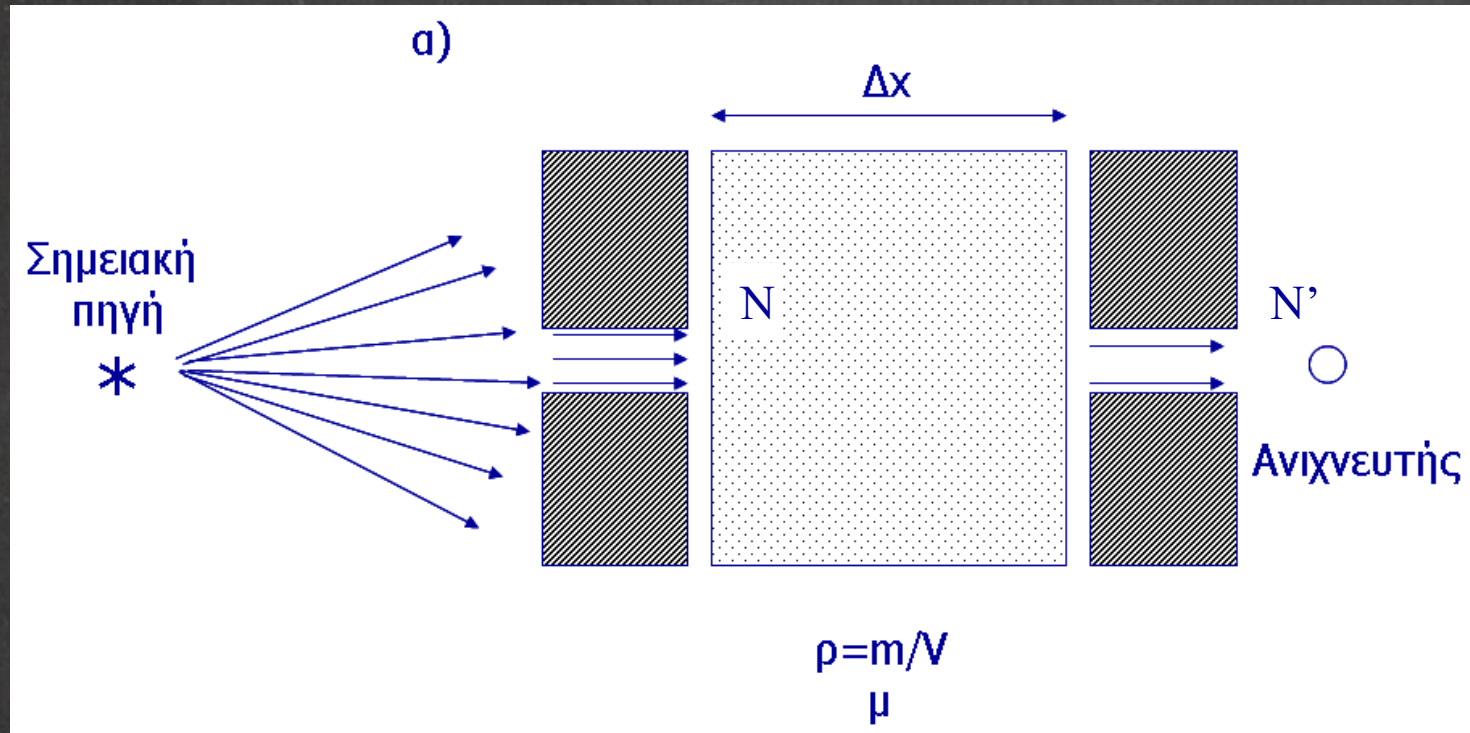
ppapagi@phys.uoa.gr

Αλ/δραση Ιοντιζουσας **H/M** Ακτινοβολιας -Υλης

Συχνότητα, f (s ⁻¹)	Μήκος κύματος, λ	Ενέργεια	Περιοχή	Ιδιότητες σε σχέση με βιολογικά υλικά
10 ⁵ 3 10 ¹⁰	3 km 0.01 m	413 peV 124 μεV	Ραδιοκύματα	Παράγονται από την ταλάντωση ηλεκτρικών φορτίων και χρησιμοποιούνται κυρίως για τη μετάδοση πληροφορίας (ραδιοφωνία, τηλεόραση, ασύρματη δικτύωση, κινητή τηλεφωνία) καθώς ανακλώνται ή απορροφώνται ανάλογα με την ενέργεια μόνο από μεταλλικούς αγωγούς. Τα βιολογικά υλικά σε μεγάλα μήκη κύματος είναι σχεδόν διαφανή σε αυτά ενώ τα μικρά μήκη κύματος (μικροκύματα) έχουν ενέργεια που αντιστοιχεί σε ενέργεια περιστροφής απλών μορίων και σημειώνεται περιορισμένη απορρόφηση.
3 10 ¹⁰ 3 10 ¹⁴	100 μm 1 μm	12.4 meV 1.24 eV	Υπέρυθρο	Παράγονται κυρίως από μοριακές ταλαντώσεις και διεγέρσεις εξωτερικών ηλεκτρονίων ατόμων. Το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας θερμών σωμάτων εμπίπτει σε αυτή την περιοχή για συνήθεις θερμοκρασίες. Απορροφάται σημαντικά από την ύλη καθώς αντιστοιχεί σε ενέργειες μοριακών ταλαντώσεων απλών μορίων.
4.3 10 ¹⁴ 7.5 10 ¹⁴	700 nm 400 nm	1.77 eV 3.1 eV	Ορατό	Παράγεται από διεγέρσεις εξωτερικών ηλεκτρονίων ατόμων και αποτελεί μεγάλο μέρος της ακτινοβολίας πολύ θερμών σωμάτων όπως ο Ήλιος. Απορροφάται έντονα από την ύλη.

Συχνότητα, $f \text{ (s}^{-1}\text{)}$	Μήκος κύματος, λ	Ενέργεια	Περιοχή	Ιδιότητες σε σχέση με βιολογικά υλικά
$7.5 \cdot 10^{14}$ $3 \cdot 10^{16}$	400 nm 10 nm	3.1 eV 124 eV	Υπεριώδες	Παράγεται από διεγέρσεις εξωτερικών ηλεκτρονίων ατόμων και αποτελεί σημαντικό μέρος της ακτινοβολίας πολύ θερμών σωμάτων όπως ο Ήλιος. Απορροφάται εξαιρετικά έντονα από την ύλη και δεν διαπερνά την επιφάνειά της.
$3 \cdot 10^{16}$ $3 \cdot 10^{18}$	10 nm 100 pm	124 eV 12.4 keV	«μαλακές» ακτίνες x	Παράγεται από διεγέρσεις εσωτερικών ηλεκτρονίων ατόμων. Απορροφάται έντονα από την ύλη και μπορεί να προκαλέσει ιονισμό .
$3 \cdot 10^{18}$ $3 \cdot 10^{19}$	100 pm 10 pm	12.4 keV 124 keV	Διαγνωστικές ακτίνες x	Παράγεται από διεγέρσεις εσωτερικών ηλεκτρονίων ατόμων και λυχνίες x. Απορροφάται σημαντικά από την ύλη και μπορεί να προκαλέσει ιονισμό .
$3 \cdot 10^{19}$ $3 \cdot 10^{19}$	10 pm 1pm	124 keV 1.24 MeV	Ακτίνες γ και θεραπευτικές ακτίνες x	Παράγονται από διάσπαση γ και γραμμικούς επιταχυντές. Απορροφώνται περιορισμένα από την ύλη και προκαλούν ιονισμό .
$3 \cdot 10^{21}$	100 fm	12.4 MeV	Θεραπευτικές ακτίνες x	Παράγονται από διάσπαση γ και γραμμικούς επιταχυντές. Απορροφώνται περιορισμένα από την ύλη και προκαλούν ιονισμό .

Εξασθένιση ιοντίζουσας Η/Μ ακτινοβολίας κατά τη διαδρομή της στην ύλη



Ο νόμος εξασθένισης ιοντίζουσας Η/Μ ακτινοβολίας κατά τη διαδρομή της στην ύλη

$$-\Delta N = N - N' = \mu N \Delta x$$

$$\Rightarrow \Delta N = -\mu N \Delta x$$

$$\Rightarrow \mu = -\left(\frac{\Delta N}{N}\right)\left(\frac{1}{\Delta x}\right)$$

Όπου μ ο αποκαλούμενος
γραμμικός συντελεστής εξασθένισης
ιοντίζουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Αποτελεί μέτρο της πιθανότητας αλληλεπίδρασης ιοντίζουσας Η/Μ ακτινοβολίας ανά μονάδα διαδρομής σε ένα υλικό.

Εκθετική συμπεριφορά εμφανίζει οποιοδήποτε μέγεθος, y , για το οποίο ο ρυθμός μεταβολής του ως προς μια μεταβλητή, x , από την οποία συναρτάται είναι ανάλογος της τιμής του μεγέθους.

Αν: $\frac{\Delta y}{\Delta x} = \pm \beta y$

$\rightarrow \frac{dy}{dx} = \pm \beta y$

Τότε: $y = y_0 e^{\pm \beta x}$

Ο νόμος της **εκθετικής** εξασθένισης
ιοντίζουσας Η/Μ ακτινοβολίας
κατά τη διαδρομή της στην ύλη

$$N = N_0 \exp(-\mu x)$$

ή

$$I = I_0 \exp(-\mu x)$$

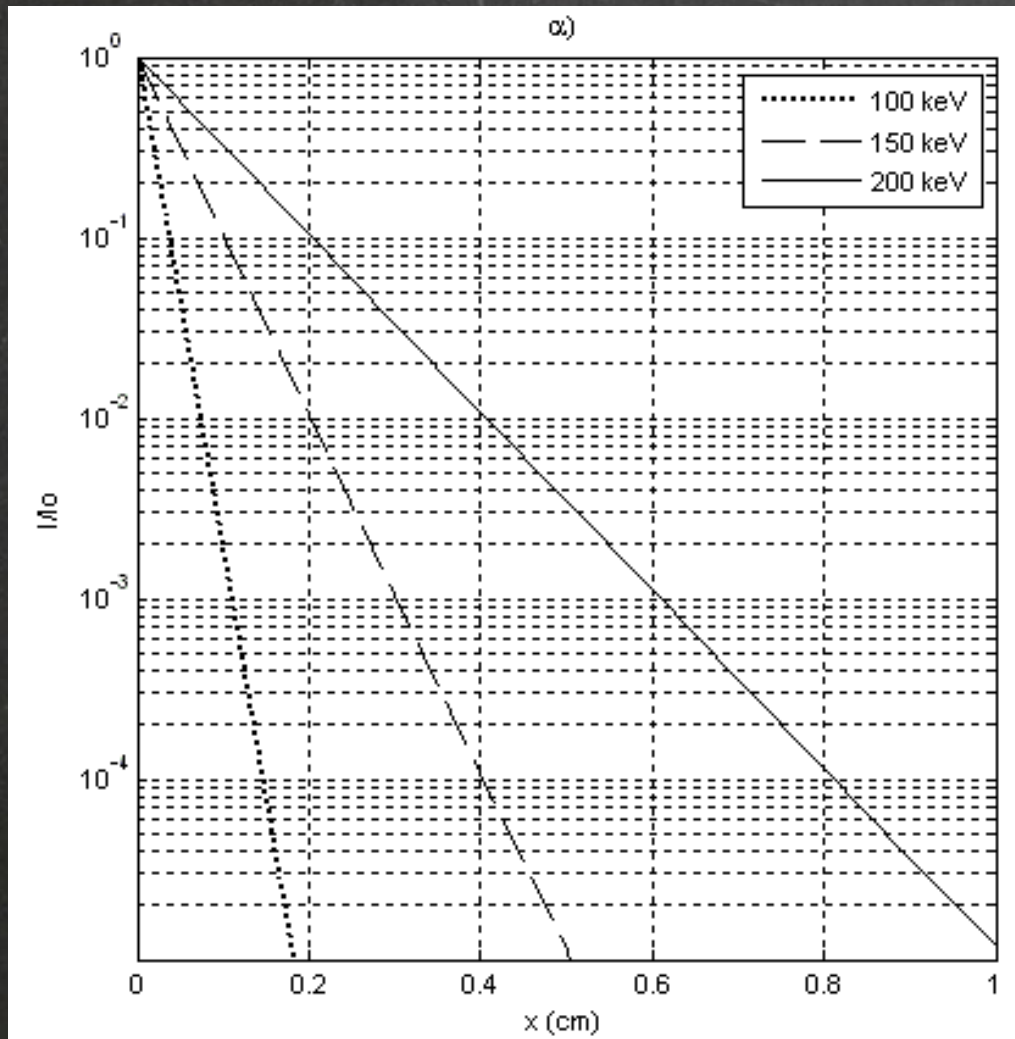
$$x_{1/2} \equiv HVL = \frac{\ln 2}{\mu}$$

$$x_{1/10} \equiv TVL = \frac{\ln 10}{\mu}$$

$$I = I_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{x}{HVL}}$$

$$I = I_0 \left(\frac{1}{10}\right)^{\frac{x}{TVL}}$$

Από ποιους παράγοντες εξαρτάται το ποσοστό της
εξασθένισης ιοντιζουσας Η/Μ ακτινοβολίας
κατά τη διαδρομή της στην ύλη
(δηλαδή ο μ);

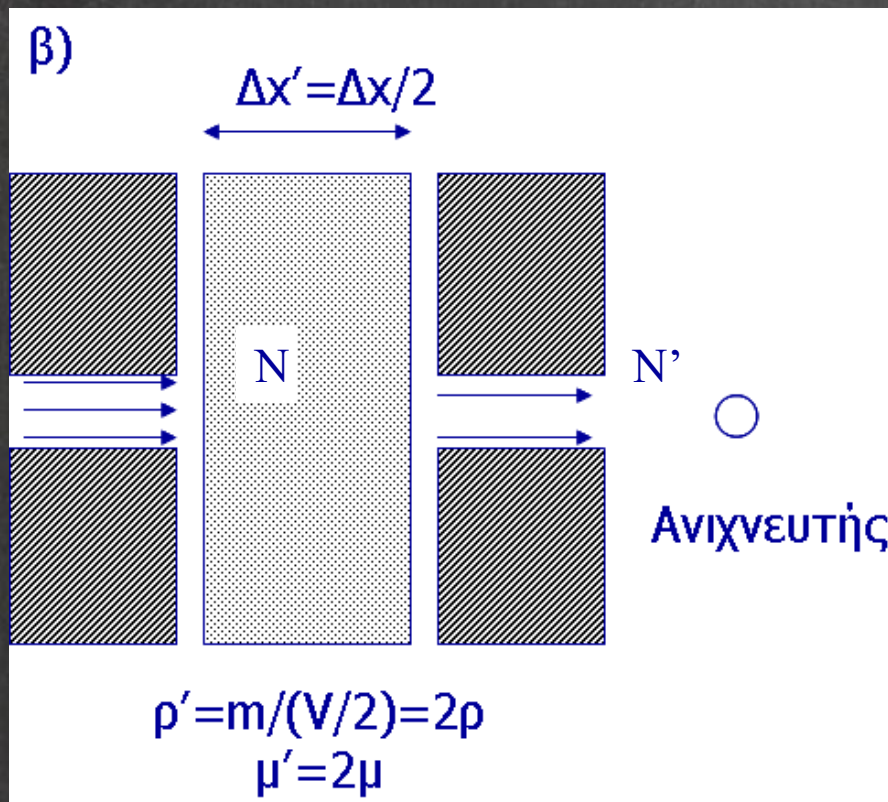


• Ενέργεια φωτονίων, E

Υλικό, Z

και ...

Από ποιους παράγοντες εξαρτάται το ποσοστό της
εξασθένισης ιοντίζουσας Η/Μ ακτινοβολίας
κατά τη διαδρομή της στην ύλη
(δηλαδή ο μ);

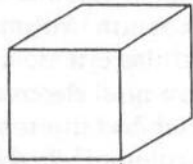
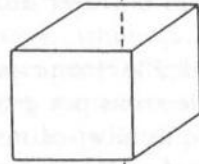
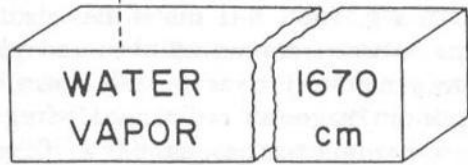


$$\mu = \mu(E, Z, \rho)$$

$$\mu / \rho = \mu(E, Z)$$

Διαφορετικές εκφράσεις του συντελεστή εξασθένισης

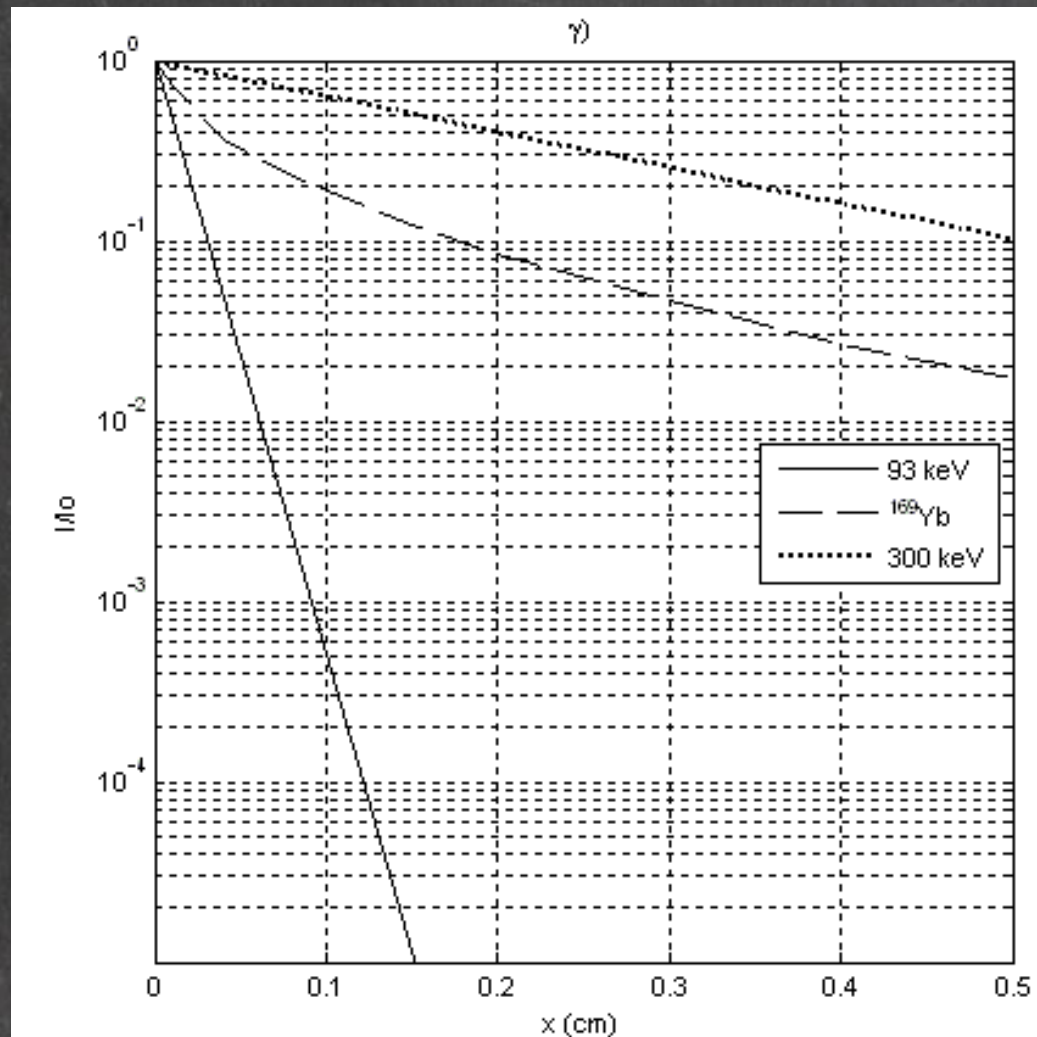
Γραμμικός, μ (cm^{-1}), οπότε θα εκφράζω το πάχος του υλικού ως x σε cm
 και Μαζικός, μ/ρ (cm^2/g), οπότε θα εκφράζω το πάχος του υλικού ως ρx σε g/cm^2

50 keV		Density (gm/cm^3)	Thickness of $1 \text{ gm}/\text{cm}^2$	
Linear Attenuation Coefficient (cm^{-1})	Mass Attenuation Coefficient (cm^2/gm)			
0.214	0.214	1		WATER 1 cm
0.196	0.214	0.917		ICE 1.09 cm
0.000128	0.214	0.000598		WATER VAPOR 1670 cm

Ισχύει πάντα ο Νόμος της εκθετικής εξασθένησης;

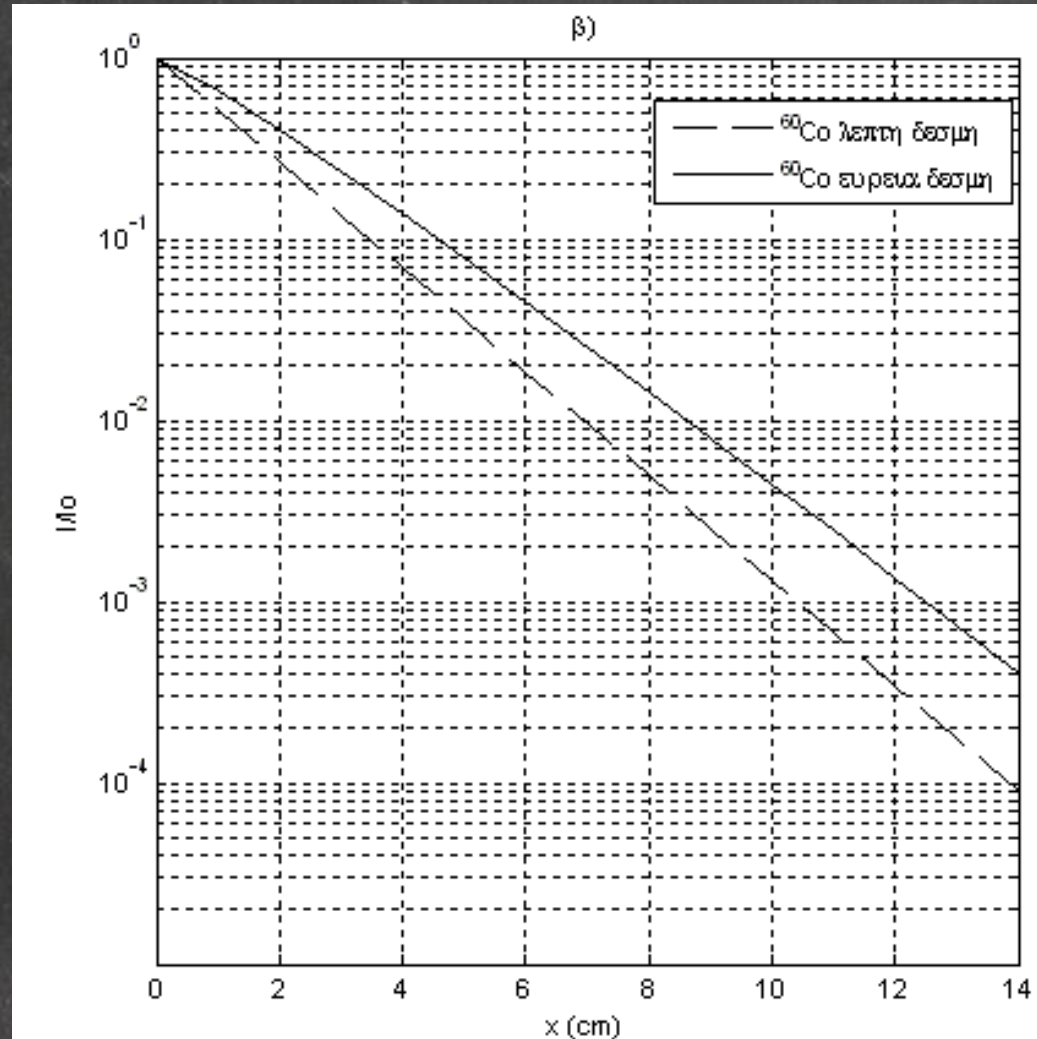
Μόνο για μονο-ενεργειακές δέσμες.

Για πολυ-ενεργειακές δέσμες:



Ισχύει πάντα ο Νόμος της εκθετικής εξασθένησης;

Μόνο σε συνθήκες "λεπτής" δέσμης ή "καλής" γεωμετρίας.
Σε συνθήκες "ευρείας" δέσμης ή "κακής" γεωμετρίας:



“κακή” γεωμετρία της δέσμης...

$$I = I_0 \exp(-\mu x) B(x, E, S, l)$$

όπου ο παράγοντας B καλείται παράγοντας επαύξησης και εξαρτάται από την ενέργεια των φωτονίων, το πάχος του υλικού, τη διατομή της δέσμης και την απόσταση του ανιχνευτή από το υλικό.

