سادسًا : خطر الإشعاعات النووية والوقاية منها

19 أخطار التعامل مع المواد المشعة

19 . 1 وحدة جرعة الإشعاعات النووية

عامة إن عملية تفاعل المواد النووية المشعة لم تحدد قدرة Intensity تأثيرات هذه الإشعاعات التي تنبث منها إذا كانت من نوع الـ Corpuscle أو الإلكترومغناطيسية؛ لأن كل كم Quantum أو جسيمة من هذه الإشعاعات تملك طاقة خاصة بها إن تأثير هذه الإشعاعات النووية تظهر قدرة طاقتها Intensity لما هذه مثلاً تخترق الهواء تشطر وتؤين جزيئات الهواء Molecules وتحديد الأيونات الناتجة من تفاعل الإشعاعات هذه في وسط الهواء هي قياس ووزن لقدرة Intensity وطاقة هذه الإشعاعات. هنا مثلاً نستطيع أن نقول إن قدرة إشعاعات واحد 1.Roentgen هي الجرعة الذرية من إشعاعات Roentgen، أو من إشعاعات رونتجن السينية، أو كذلك إشعاعات γ التي تشطر وتؤين سنتم مكعبًا واحدًا $1cm^3$ هواء إلى أيونات إيجابية أو سلبية بها شحنة إلكتروستاتيسكية تساوي تقريبًا $3,33.10^{-10}$ A sec. فإذا كان كل قسم من جزيئة الهواء أي أيون Ion وحيدة الطاقة، وكذلك شحنتها الذاتية الخاصة تساوي قدرة الحدة التالية $1,6.10^{-19}$ A sec فإنه يوجد في كل حجم $1cm^3$ هواء أيونات مزدوجة حسب المعادلة التالية:

$$3,33.10^{-10} / 1,6.10^{-19} = 2,08.10^{+9} \text{ Ion pair}$$

وحسب الحل يوجد في تأين سنتم مكعب واحد هواء $2,08.10^{+9}$ Ions أيون مزدوج، ولخلق أو إنتاج أيونIon pair مزدوج يلزمنا طاقة تساوي 32,5 eV لأن الطاقة المعطاة من واحد Roentgen لتأين غرام واحد هواء حسب الحل التالي تساوي:

هنا تعطى طاقة التأين بوحدة eV :

$$E_{ev} = 32,5 \text{ eV} .2,08.10^{+9} = 67,6.10^{+9} \text{ eV}$$

حسب اللائحة رقم 7

$$1eV = 1{,}6.10^{-12} \text{ erg and } 1 \text{ erg} = 6{,}24.10^{11} \text{ eV}$$

الحل بوحدة طاقة التأين المستعملة قديمًا بوحدة الـــ erg تساوي:

$$E_{erg} = 67{,}6.10^{9} \ . \ 1{,}6.10^{-12} = 108{,}16.10^{-3} \text{ erg}$$

وطاقة التأين المستعملة حاليًا بوحدة ال Joule and Wsec تساوي:

$$1eV = 1{,}602.10^{-19} \text{ Wsec}$$

$$67{,}6.10^{9} \text{ eV} = X \text{ Wsec}$$

$$E_{Wsec} = X = 67{,}6.10^{9} \ . \ 1{,}62.10^{-19} \ / \ 1eV = 1{,}082.10^{-8} \text{Wsec}$$

$$1\text{Wsec} = 1\text{Joule}$$

$$E_{Joule} = 1{,}082.10^{-8} \text{ Wsec} = 1{,}082.10^{-8} \text{ J}$$

$$1\text{Wsec} = 1\text{Joule} = 10^{7} \text{ erg}$$

إن تأثير إشعاعات واحد 1.Roentgen على كتلة هواء مساوية بالحجم $1cm^3$ والتي وزنها يساوي كذلك بالغرام $1{,}293.10^{-9}$ gr، والمعطاة بوحـــدة الـــــ erg تساوي:

$$108{,}16.10^{-3} \text{ erg} / \ 1{,}293.10^{-3} \text{ gr} = 83{,}7 \text{ erg/gr}$$

وفي وحدة الجول في الغرام التي تساوي:

$$1.082.10^{-8} \text{ J} / 1.293.10^{-3}\text{gr} = 8{,}36.10^{-6} \text{ J/gr}$$

وهذا ما بين وأظهر تأثيرات إشعاعات واحد رونـــتجن بـــأن مفعولـــه يعـــادل امتصاص في غرام هواء طاقة تساوي بوحدة ال 83,7 erg، أو ما يعادل كذلك 94 erg في غرام ماء، أو مادة حيوية Bio – Element، أو ما يساويها من غيرهـــا الوحدات.

أما تأثير طاقة إشعاعات الـــ Corpuscles Rays أعطي لها قديمًا وحدة الـــ rep، والمقصود بها الوحدة الفيزيائية Roengten equivalent Physic (rep) التي لم تعد تستعمل وتساوي 94 erg في غـــرام مـــادة حيويـــة وتـــأثيرات هـــذه الإشعاعات لم تعد تساوي قدرة الطاقة المنبعثة من ينبوع الإشعاعات، بل تعود إلى تأثيرات الطاقة النوعية الحيوية المـــسماة Superficial Biological energy. ولهذا السبب أخذت وحدة الـــــ rem المقـــصود بهـــا Roengten equivalent

man(rem) أي أن واحدًا rem ليس إلا كمية من نوعية الإشعاعات التي لها أضرار حيوية معادلة أو مساوية لقدرة حدة طاقة إشعاعات Intensity لواحد 1 Roentgen.

$$1r = 258\mu C_i / Kgr = 258.10^{-6}\ C_i / Kgr$$
$$1C_i\ Kgr = 3875{,}97\ Roentgen$$

وهذه الوحدة ال C_i = Curie لم تعد تستعمل حسب القوانين الحديثة لقياس الإشعاعات النووية الحادة. وللتبسيط لتفهم ما هو تأثير الإشعاعات؛ أخذت قديمًا وحدة ال rad المقصود بها طاقة الإشعاع التي تؤثر وتخرب أو تؤين غرامًا من مادة ما بطاقة قدرتها تساوي 100 erg ولذلك وجدت الوحدة الجديدة المساوية:

$$1\ rad = 1cGy = 10^{-2}\ Joule / Kgr = 1J.Kgr^{-1} = 1m^2/sec^2$$
$$1Gy = 100\ rad$$

وهنا نذكر بعض الأمثال ليتفهم الطالب ما المقصود بالجرعة الذرية، وكيف تعرف بالحل النظري والعلمي التطبيقي الجرعة الإشعاعية الخطرة أو البسيطة مثل:

المثال الأول:

السؤال كيف توجد الجرعة المتوسطة لحزمة من إشعاعات γ ؟

لنفترض حزمة من إشعاعات.. γ عامل القطع العرضي المعطى له الاسم الفيزيائي التالي يساوي: Section Crosse $\sigma = 2\ cm^2$.

تحمل هذه الحزمة 7.10^8 في كل ثانية عددًا من الفوتونات عبر القطع العرضي في الوقت المساوي 7.10^8 1/sec، وكل جسيمة من هذه الـ Photons تحمل طاقة معطاة محددة تساوي 1,25 MeV، ولنفترض كذلك أن هذه الحزمة تمر في جسم إنسان حي سمكه لا يتعدى 0,75cm، وكثافة الجسم الحي تساوي $\rho = 0{,}95gr/cm^3$، ولكن هذه الحزمة تفقد بعبورها بجسم الإنسان من مجموع الطاقة عن طريق الامتصاص قيمة 5%.

في هذه الحالة يجب معرفة الجرعة المتوسطة التي يعترضها ويمتصها جسم الإنسان معطاة ومقدرة بوحدة الـ rad.

الحل:

تقاس الجرعة في هذه الحالة بكمية الطاقة التي يمتصها كلغم واحد من الجسم الحي، وهذه في الحقيقة ليست إلا طاقة أعداد جسيمات إشعاعات γ الممتصة في الثانية ناقص ضياعهم بالمائة مضروب بقيمة طاقة كل جسيمة :

7.10^{8} 1/sec . 5/100 = $3,5.10^{+7}$ 1/sec

E = $3,5.10^{7}$ 1/sec.1.25 MeV = $4,4.10^{+7}$ MeV/sec

ولمعرفة الجرعة المتوسطة يجب علينا أولاً معرفة وزن كتلة الجسم الحي التي امتصت هذه الطاقة وهي تساوي حسب المعادلة التالية:

$m = \rho.V = (0,95gr/cm^3) . [(2.cm^2. 0,75cm)] = 1,43$ gr

$m = 1,43.10^{-3}$ kgr

والجرعة المتوسطة في الثانية تساوي بوحدة الـ rad المعادلة المعروفة التالية:

Mass / sec / m . 100 rad / 1Joule/kgr

$4,4.10^{7}$ eV .$1,602.10^{-13}$ / $1,43.10^{-3}$. 100 rad / 1J/kgr = 0,49 rad

= 0,49 rad

المثال الثاني:

كما في المثل الأول لو افترضنا أن هذه الحزمة تملك جسيمات إشعاعاتα غير الفوتونات β التي ذكرت في المثال الأول، وهذه كذلك تمر عبر الجسم وتترك طاقة قيمتها تساوي بوحدة الجول 0,2Joule في كل كلغم من الجسم الحي، هنا حسب الفاعلية البيولوجية النسبية المعروفة بالاصطلاحات التالية:

RBE = 12.rem / rad

السؤال: أوجد الجرعة مقدرة بالوحدتين ::: rem and rad

لقد عرفنا من حل وحدة الجرعة المتوسطة بالمثل الأول بوحدة الـ rad، ونحل كذلك هذه الطاقة المارة في الجسم 0,2J كذلك بوحدة الـ rad حسب المعادلة

التالية:

Mass . 1/sec /m .100 rad J/kgr =
= 100rad /J/kgr . 0,2 J/kgr = 20rad

والجرعة بوحدة ال rem تساوي حسب النسبة البيولوجية:

RBE = 12 rem / rad = (12 rem/rad .20rad) =12rem.20 = 240 rem
= 240 rem

وفي الوقت الحاضر تستعمل وحدة الجرعة بوحدة الـGy، وهذه الوحدة الحديثة للجرعة ليست إلا تأثير إشعاعات بطاقة جول واحد على مادة حيوية وزن كتلتها يساوي كلغم واحدًا:

1Gy = 1Joule / 1Kgr

واسم هذه الوحدة أخذ من اسم الفيزيائي الإنكليزي Gray (1905–1965)، المتعلقة بين جرعة الطاقة وجرعة التأين وهنا في هذه الحلول والتفاعلات لا يلعب الوقت أي دور على تأثير الإشعاعات، ولكن وحدة الوقت هذه المنسوبة لكمية الإشعاعات نعطيها اسم قدرة الجرعة أي كمية إشعاعات رونتجن في الساعة r/h أو الأسبوع إلخ.

19 . 2 ثابتة الجرعة Doses Constant

عامة لا يوجد مثلاً أي تعلق بين وحدة الإشعاعات Curie = C_I والتفاعلات Activity والمادة المشعة التي تبث إشعاعات بقدرة r/h رونتجن بالساعة وقدرة الجرعة، ولكن هذا الاتصال له قيمته التطبيقية لأننا لا نستطيع بأن نحكم على خطورة الإشعاعات المنبعثة من المادة المشعة أو منبع الإشعاعات، ولكن نستطيع أن نقول مثلاً كم رونتجن في الساعة تبثه هذه المادة بالتغير من حالة إلى حالة كما هو الحال في مادة الـ Cesium = Cs^{137} أو غيرها من المواد المشعة على بعد مسافة متر واحد منها؟ ولهذا السبب من بعد القياسات والتقنيات الخاصة لإشعاعات γ أعدت لائحة لعدد من المواد المشعة، ونتيجة عملية وزن هذه القياسات لعديد من المواد أعطي لها اسم ثوابت الجرعات المعطاة بالاصطلاحية التالية المسماة Ky = Doses Constant المعطاة في اللائحة التالية:

المادة	الثابتة (Ky)	المادة	الثابتة (Ky)
Na^{22}	1,2	Cs^{137}	0,4
Na^{34}	1,9	J^{131}	0,23
Fe^{59}	0,63	Au^{189}	0,24
Co^{60}	1,32	Ra^{226}	0,98

ومن هذه اللائحة نستطيع أن نأخذ تقريبًا لقدرة الجرعة الموجودة على مسافة متر واحد من مصدر منبع الإشعاعات وقيم هذه الثوابت حلاً تقريبيًّا.

19 . 3 خطر الإشعاعات وما تتركه من أضرار

أي نوع من الإشعاعات يجب على الشخص الذي يتعاطى العمل في محيط الإشعاعات إن كان مهنيًّا أو مجبرًا علميًّا أو طبيًّا بأن يأخذ هذا العمل الخطر بعين الاعتبار واليقظة، لأن الإشعاعات تدخل في كل مكان من الجسم إلى كل الأعضاء والخلايا وعلى كل ما هو حيوي، حتى لو كانت تستعمل في الحالات الطبية والتكنولوجية والحيوية يجب دائمًا أن تتخذ طرق الوقاية الأمنية المفروضة لتحاشي الإشعاعات والوقاية من أضرارها.

19. 3. 1 الأضرار الناتجة من الإشعاعات الحادة المتوسطة

الحالة الأولى:

أول علامات ظهور الأضرار الإشعاعية؛ فقدان الرغبة في النوم، وتكاثر دفعات العرق من الجسم، إضاعة الذاكرة، تلف نظام الأعصاب، وتفاعلات حالات نفسية مثيرة غير طبيعية ..

الحالة الثانية:

الأعراض التابعة لتخريب نظام الدورة الدموية وما يتبع: احمرار الجلد والحك الدائم في الجلد، ظهور بقع حروق Dermatitis وتضخم في الجلد، وبعد ثلاثة أسابيع يتلون الجلد ويأخذ اللون الأزرق الغامق المسود.

الحالة الثالثة:

أمراض الجلد تظهر بكثرة من بعد 3 إلى 7 أيام متبعة بموجات آلام صعبة،

وكذلك تضخم في الجلد وظهور فقاقيع لونها أزرق وبداية موت الجلد والعظم Nekrose، وكذلك سقوط الشعر Epilation وبداية أمراض السرطان. الحالة المميتة سرطان فقر الدم Leukemia أي تزايد أو تناسل خلايا الدم البيضاء، تخريب نظام النخاع وغيره وهنا يحدث الموت المحتم بسبب تلف كل أعضاء الجسم.

والأمل بالشفاء من أمراض الإشعاعات ممكن إذا كانت كمية الجرعات ضعيفة، ولكن إذا كانت الجرعات حادة مؤثرة فالعلاج صعب وطويل الأمد ومنها الحالات التالية:

19 .3. 2 الأضرار الناتجة من جرعات الإشعاعات الدائمة Chronic case

في حالات الجرعات المزمنة للإشعاعات الخفيفة ينتج كذلك عديد من الأضرار وهنا نذكر بعض الأضرار المهمة منها:

القضاء على خلايا الدم البيضاء Leukopenie، وكذلك سرطان الدم Leukemia، وما يتبع من أمراض الدم Anemia وسرطان الجلد وفقدان النظر بغشاء على عدسة العين، وتلف البناء العظمي، وكذلك سرطان الرئة إلخ..

19 . 3. 3 أضرار الإشعاعات في المستقبل والوراثة

حسب الخبرة عامة للإشعاعات الذرية في بعض الحالات بين أخذ الجرعات الإشعاعية وظهور تأثيراتها يمر وقت نسميه Late time، أي الوقت الكامن، وفي بعض المرات يمتد هذا الوقت الكامن إلى مدة طويلة من السنين ليظهر تأثير فاعلية جرعات الإشعاعات وأضرار هذه الإشعاعات الكامنة المزمنة، أهمها: الأضرار التناسلية التي تؤثر على الذرية عن طريق تلف براعم الخلايا التي تحمل بذور الوراثة والمقصود بها طبيًّا عملية تغير خلايا النسل الـ Chromosomes التي هي كذلك مبنية من عدة Genes والتي هي كذلك حاملة خلايا الوراثة إلى عدة أجيال، والتي نسميها Mutation أي التغير السريع في Genes الوراثة.

19 . 3 . 4 أضرار تخصيب الإشعاعات في أعضاء الجسم

والأضرار الناتجة من الإشعاعات التي نأخذها عن طريق التنفس والأكل

والشرب والتي تدخل كذلك إلى داخل الجسم عن طريق الجروح وغيرها، وعملية هذه الجرعات المأخوذة من الجسم بهذه الطرق نسميها Incorporation؛ هذه الإشعاعات تدخل مع ما يلزمه الجسم من تغذية وهواء وتبقى لمدة طويلة أو قصيرة حسب ما يفرز الجسم عن طريق تبادل وإنعاش الأعضاء المتضررة بتجديد الخلايا، ولهذه العملية نعطي الشرح العلمي البيولوجي التالي: إن نصف العمر البيولوجي T_{Bio} يساوي الوقت الذي فيه نصف الإشعاعات التي كانت متركزة في أعضاء الجسم وتضمحل في نصف الوقت هذا، وهذه مع النصف العمر الفيزيائي T_{Phy} تعطي نصف العمر الفعال Effective $T_{1/2}$ المساوي المعادلة التالية:

$$T_{Eff} = T_{bio} \cdot T_{phy} / T_{bio} + T_{phy}$$

هنا ما يتبع في هذه اللائحة يعطي بعض أنصاف الأعمار البيولوجية والفيزيائية للعناصر المشعة المعطاة بالعمر النصفي الفعال في أعضاء الجسم الخطرة بالأيام التالية:

الأعضاء الخطرة		T_{eff}	T_{bio}	T_{ph}	العناصر
العظم	=	14 d	1200 d	14,3 d	P^{32}
الجلد	=	18 d	22 d	87 d	S^{35}
الطحال والكلى	=	2,6 d	50 d	2,7 d	Au^{198}
العظم	=	2700 d	4000 d	20 y	Sr^{90}
الكلى	=	30 d	30 d	4,5.109 y	$U_{Nat.}$
العظم	=	4,3 d	4,3 d	2,4.104 y	Pu^{239}

19. 5.3 الجرعة المرتفعة المقبولة

إن كمية جرعة الإشعاعات المرتفعة التي يأخذها الإنسان والتي تكون بعدها مقبولة ومنتجة قليلاً من الأضرار نسميها الجرعة المسموح بها Tolerant

Doses، وخاصة المتعلقة بعمل الأشخاص الذين يعملون في محيط الإشعاعات لمدة 40 ساعة في الأسبوع أعطيت اللائحة التالية:

الجرعة المسموح بها	الإشعاعات $R_{\bar{o}n}$,β . γ	الإشعاعات n ,P
لكل الجسم في الأسبوع	0,1 rad/W	0,01rad/W
لقسم من الجسم	1,0 rad/W	0,10 rad/W

الجرعة المميتة

الجرعة المزمنة Late Doses المميتة المسماة $LD5o_{(30)}$ للشخص المصاب بهذه الإشعاعات يموت بعد 30 يومًا لما تكون قدرة الإشعاعات بين 600 rad to 400 rad.

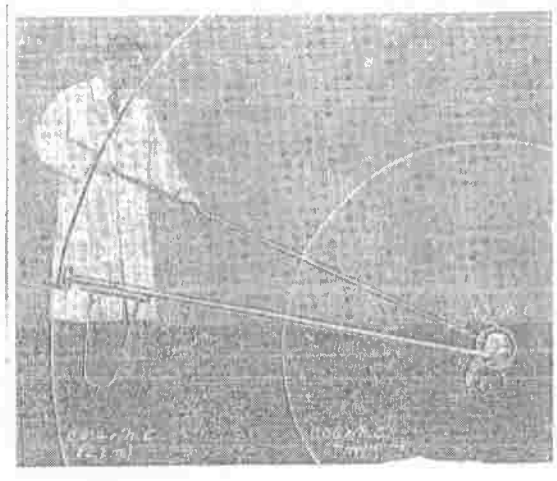
وأما الجرعة المميتة حتمًا المعطاة بالاصطلاحية LD_{100} في هذه الحالة لما تكون الجرعة ما بين 600 rad to 800 rad. والأشخاص الذين بقوا على قيد الحياة بعد إلقاء القنبلة الذرية على مدينة Hiroshima لم تتعدَ الجرعة المأخوذة منهم القدرة 150 rad to 200 rad.

19. 6.3 أضرار الإشعاعات الطبيعية

وكذلك الإشعاعات الطبيعية والفضائية لها تأثيرها، وخاصة الإشعاعات المنبتة من المناطق التي يوجد بها المواد الخام المشعة مثل اليورانيوم والطوريوم وغيرها وكذلك الإشعاعات الموجودة في الهواء؛ ومن هذه الإشعاعات أن الإنسان طول حياته يتلقى ما جمع من إشعاعات تساوي تقريبًا بين 6 rad to 40 rad، وكذلك حتى عقارب الساعات المشعة تجمع وتعطي لمدة 30 سنة ما يقارب من 0,5 rad.

19. 4 الحماية والوقاية من مخاطر الإشعاعات

كما ذكرنا في الأقسام السابقة من هذا الدرس أضرار الإشعاعات وتأثيراتها أيًّا كان نوعها، نعود ونقول إن الوقاية من إشعاعات β α فإنها بسيطة، وكذلك للوقاية من الإشعاعات الحادة فإنها كذلك غير مؤثرة كثيرًا إذا عرف هذا الشخص طرق الوقاية وتماشى مع متطلباتها وللوقاية من الإشعاعات يوجد ملابس خاصة، وكذلك مقابض وأدوات خاصة للعمل وتوقي الإشعاعات.



لقبض المواد المشعة ونقلها والتعامل معها وخاصة إشعاعات γ يجب التباعد عنها، لأنها تضعف حسب المسافة بالمربع. ولهذه الأشغال يوجد قواعد وأنظمة خاصة للتعامل مع الإشعاعات، ومنها أنه يجب على الشخص إذا لم يكن عنده الأدوات والملابس الواقية الخاصة بأن يبتعد عن منبع الإشعاعات بمسافة حتى لا تؤثر عليه الجرعة المرتفعة المميتة. ولمعرفة هذه المسافة وقدرة الجرعة الإشعاعية أعطيت المعادلة التقريبية التالية:

$$N\gamma = m'' \cdot k\gamma / R^2$$

m" = قدرة إشعاعات المنبع تعطى بوحدة الـ Curie .

R = المسافة بين منبع الإشعاعات والشخص بوحدة المتر.

kγ = ثابتة قدرة الإشعاعات المعطاة في لائحة الثوابت Ky.

Nγ = قدرة الجرعة غير المعروفة.

وعن طريق حل هذه العملية حتى نوجد قدرة الجرعة على مسافة معروفة أو غير معروفة، نعطي الأمثلة التالية:

A- عندنا مادة مشعة من عنصر الCo^{60} تشع أو تبث قدرة إشعاعية تساوي 2.10^{-3} C_i موجودة على بعد ثلاثة أمتار من المكان، يجب إيجاد قدرة الجرعة على بعد هذه المسافة.

الحل حسب المعادلة المعطاة أعلاه يساوي:

$$N\gamma = m".k\gamma / R^2 = 2.10^{-3}.1,32 / 3^2 = 0,293.10^{-3} \text{ r/h}$$

B - كم يجب أن يكون بعد المسافة بالأمتار عن مادة الCo^{60} التي تشع بقدرة 5 mC_i حتى لا يتلقى الإنسان المعرض الجرعة الإشعاعية المرتفعة المساوية 0,1 r/w في الأسبوع.. لما هذا الشخص أو الإنسان يشتغل بالقرب من هذه المادة المشعة تقريبًا 40 ساعة في الأسبوع؟

الجرعة المقبولة والمسموح بها حسب اللائحة تساوي 0,1/40 = 0,0025 r/h، وكذلك حسب المعادلة التقريبية السابقة تساوي المسافة الحل التالي:

$$R = \sqrt{m".k\gamma/N} = \sqrt{0,05.132/0,0025} = 5,1 \text{ m}$$

وفي حالة وجود ينبوع إشعاعي عنده قدرة إشعاعات مرتفعة يجب حفظ الإنسان منه بعدة طرق، إذا كان هذا الينبوع حجمه صغير ويشع إشعاعات γ يجب حفظه في وعاء من الرصاص أو خلف حيطان من الرصاص، وإذا كان يشع نيوترونات سريعة أو متوسطة يجب حفظه بأوعية من الـ Paraffin أو غيرها من المواد الهدروجينية، ولمعرفة سمك هذه الأوعية أو الحيطان توجد لوائح كثيرة؛ ومن الأفضل لطالب الفيزياء النووية بأن يجد بنفسه طرق حل السمك عن طريق قانون الامتصاص حسب المعادلة المعروفة التالية:

$$I = I_0.e^{-\mu x}$$

وهنا لتسهيل طريقة الحل لمعرفة سمك الوعاء أو الحائط x نعطي المثل التالي كم يجب أن يكون سمك مادة الرصاص لحائط واقٍ من إشعاعات غما الحادة γ المعطاة بقدرة تساوي 1MeV لتزال حدتها إلى 1/10 ؟ حسب المعادلة المعطاة لقانون الامتصاص تكتب للحل كما يلي:

$$I/I_0 = 0,1 = e^{-\mu x} \quad \mu = 0,79$$
$$= -0,79x = \text{Ln}0,1 = -2,30 \quad .. \text{ Ln } e = 1$$
$$x = 2,30 / 0,79 = 2.9113 \text{ cm}$$