المحاضرة 15/ مادة الفيزياء النووية

الفصل الثامن/ الجرع الاشعاعية الناتجة من التعرض للاشعاعات

كلية التربية للعلوم الصرفة – ابن الهيثم

قسم الفيزياء / العام الدراسي 2024-2025

المرحلة الرابعة / شعبة ج صباحي

أ.م.د. عدي طارق صبحي

مقدمة :-

من الممكن تقدير ومقارنة جرع التعرض الى المصادر المشعة الطبيعية والمصنوعة من قبل البشر. وان بعض هذه المصادر منتشرة عالميا كما هو الحال لمعظم النويدات المشعة الطبيعية وهناك مصادر اخر تكون ذات مواقع ثابتة مثل مايطرح من المنشات النووية ، كما ان بعض المصادر مثل اجهزة الاشعة السينية تعطي تعرضا خارجيا فقط ولا تسبب اي تلوث للبيئة وهناك مصادر اخر تؤدي الى توزيع النويدات المشعة بصورة واسعة في اي او كل قواطع البيئة مثل الهواء والتربة والماء . والتعرض ربما يكون تعرض خارجي او تعرض داخلي او اندماج كليهما.

❖ مصادرالتعرض للأشعة والتلوث

1. تعرض خارجي(External Exposure)

أشعة ناتجة عن أسطح ملوثة

1. تعرض داخلي (Internal Exposure) وينتج عن:

إستنشاق(عن طريق القناة التنفسية)

تلوث الجلد(الثقوب او الجروح)

بلع مباشر(عن طريق القناة الهضمية)

بلع عن مصادر ثانوية مثل الماء الحليب والغذاء

❖انواع الجرع الاشعاعية

1.الجرعة الممتصة(Absorbed dose):

تعرف الجرعة الممتصة بأنها مقدار الطاقة الممتصة بالجول لوحدة الكتلة من المادة بالكيلو غرام ويمكن كتابتها رياضيا كما يلي :

$$D = E/m \ (J/Kg)$$

تقاس الجرعة الممتصة بوحدة تسمى الغراي (Gray) وتعرف على انها امتصاص طاقة من الاشعاعات مقدارها 1 جول في كل 1 كيلو غرام من المادة ويرمز لها عادة بالرمز Gy ، ومازالت الوحدة التقليدية للجرعة الممتصة وهي "الراد" "rad" مستعملة في بعض المراجع والأجهزة . ان الراد الواحد هو امتصاص طاقة مقدارها (100 erg) في كل غرام واحد من المادة ، والعلاقة بين الrad و الGy هي

(1 Gy = 100 rad)

2. الجرعة المكافئة (H) The Equivalent Dose

تعرف الجرعة المكافئة (H_{Ti}) بانها حاصل ضرب الجرعة الممتصة D_{ti} في معامل النوعية او معامل الاشعاع المرجح ، اي ان:

$$H_{Ti} = D_{Ti} \times W_R$$

تقاس الجرعة المكافئة في النظام المعياري العالمي بوحدة السيفرت Seivert ورمزها Sv وذلك عندما تكون الجرعة الممتصة معبرا عنها بوحدة الغراي . وعند التعبير عن الجرعة الممتصةبوحدة الراد القديمة تستعمل وحدة اخرى قديمة للجرعة المكافئة هي الريم rem ومن العلاقة بين الغراي والراد يتبين ان السيفرت والريم يرتبطان معا بنفس العلاقة وهي:

$$1\ Sv = 100\ rem$$

الجدول (1)عامل الإشعاع المرجح(Radiation Weighting Factor W_R) .

نوع الإشعاعات	طاقتها	عامل الإشعاع المرجح
فوتونات .	جميع الطاقات	1
إلكترونات وميونات .	جميع الطاقات	1
نيوترونات .	أقل من 10 keV	5
	10 → 100 KeV	10
	100 keV → 2 MeV	20
	2 → 20 MeV	10
	أكبر من 20 MeV	5
بروتونات .	أكبر من 20 MeV	5
جسيمات ألفا ونوى خفيفة .		20

مثال / نسيج كتلته 4kg يمتص 2mJ عن طريق التشعيع بالنيوترونات البطيئة. احسب الجرعة المكافئة لهذا النسيج؟

الحل/

$$D=E/m = 2x10^{-3}/4 = 0.5x10^{-3}\ J/kg = 5x10^{-4}Gy.$$

$$H = DxW_R = 5x10^{-4}x5= 25x10^{-4}Sv.$$

مثال/ في احدى السنوات تعرضت رئتا أحد العاملين في مختبر نووي للجرعات التالية :

0.02Gy من النيوترونات الحرارية و0.05Gyمن النيوترونات السريعة و 0.8Gy من اشعة كاما. احسب الجرعة المكافئة في رئتي هذا العامل؟

الحل/

$$H_{Ti} = \sum (W_R \times D)$$

$$H = [(5 \times 0.02) + (10 \times 0.05) + (1 \times 0.8)]$$

$$H = [0.1 + 0.5 + 0.8]$$

$$H = 1.4\ Sv$$

3. الجرعة الفعالة: The Effective Dose (E_{Ti})

الجرعة الفعالة E لكامل الجسم هي مجموع الجرعات المكافئة الموزونة بعامل الإشعاع المرجح ، مضروبة بالعامل المرجح للنسيج أو العضو، أي أنها مجموع الجرعات المكافئة الموزونة بالعوامل المرجحة لكل عضو أو نسيج ، وتحدد وفقاً للعلاقة :

$$E = \sum W_{Ti} \cdot H_{Ti}$$

ان الجرعة الفعالة E في الجسم تعد بمثابة مقياس لاحتمال اصابة الجسم بالامراض العشوائية كالسرطان القاتل نتيجة التعرض للاشعاع ، وتقاس الجرعة الفعالة بنفس وحدات قياس الجرعة المكافئة ، اي بالسيفرت Sv في النظام المعياري الدولي والريم في النظام القديم .

الجدول (2) العوامل المرجحة للأنسجة والأعضاء البشرية.

العضو	عامل النسيج المرجح W_{Ti}
الغدد التناسلية .	0.02
النخاع العظمي الأحمر ، القولون ، الرئتان ، المعدة .	0.12
المثانة ، الصدر ، الكبد ، الإثنا عشر ، الغدد الدرقية .	0.05
الجلد ، سطح العظام .	0.01
باقي الأعضاء .	0.05
كامل الجسم .	1

مثال / تعرضت أنسجة وأعضاء أحد فنيي المختبرات الطبية التي يتم فيها تداول المواد المشعة ، الى الجرعات التالية: 1.5mSv للرئتين ، 5mSv للمعدة ، 1mSv للاثني عشر ، 2.5mSv للقولون ، 0.5mSv للغدد التناسلية. احسب الجرعة الفعالة التي حصل عليها هذا الفني ؟

الحل :-

$$E = \sum W_{Ti} \cdot H_{ti}$$

$$E = [(0.12 \times 1.5) + (0.12 \times 5) + (0.05 \times 1) + (0.12 \times 2.5) + (0.2 \times 0.5)$$

$$E = 0.18 + 0.6 + 0.05 + 0.3 + 0.1$$

$$E = 1.23 \text{ mSv}$$

ملاحظة :- ان وحدة الجرعة الفعالة تم استخراجها ب mSv لان تم تطبيق الجرع المكافئة المعطاة ب mSv وممكن تحويل الجرعة المكافئة للSv ومن ثم تنتج وحدة الجرعة الفعالة ب Sv

اي ان الجرعة الفعالة للجسم جراء تعرضه للاشعاعات المذكورة اعلاه هي 1.23 ميللي سيفرت

❖ معدل الجرعة : The Dose rate $\dot{D}$

تعبر وحدات الغراي والسيفرت عن مقدار الجرعة الممتصة والجرعة المكافئة او الفعالة التي حصل عليها عضو او شخص ما خلال مدة زمنية معينة (t) . ولتقدير قيمة الجرعة التي يتعرض اليها الشخص خلال زمن معين فانه يجب معرفة ما يسمى بمعدل الجرعة($\dot{D}$) ، والذي يعرف على انه قيمة الجرعة التي يحصل عليها العضو او الانسان في وحدة الزمن عند وجوده في هذا المكان، اي ان :

$$\dot{D} = \frac{D}{t} \quad \text{or} \quad D = \dot{D} \times t$$

مثال/ اذا كانت الجرعة الفعالة المسموح بها في الاسبوع هي 0.4mSv . احسب الزمن الذي يسمح خلاله لشخص ما بالوجود داخل مختبر في الاسبوع اذا كان معدل الجرعة الفعالة داخل هذا المختبر هو 100μSv/hr؟

الحل:

$$D=\dot{D}\ x\ t$$

$$t= 0.4x10^{-3}/100x10^{-6}=4 \text{ hours.}$$

❖ عامل المخاطرة

يعرف على انه احتمالية اصابة الفرد بالسرطان عند تعرضه لجرعة مقدارها (1) سيفرت (وحدة قياس الجرعة المؤثرة).

وهذا الاحتمال يتناسب طردياً مع زيادة الجرعة فمثلاً اذا كان احتمال الاصابة بالسرطان عند جرعة مقدارها (4 سيفرت) هو (40%) لذا فعند جرعة مقدارها (5 سيفرت) تصبح احتمالية الاصابة هي (50%)

الوقاية من الاشعاع

أصبح من المعروف أن استخدام مصادر الإشعاع قد دخل معظم مجالات الحياة، وانتشرت التطبيقات العملية للإشعاع في الصناعة والزراعة والطب والبحث العلمي، حتى أنها دخلت في مجالات التجارة والتفتيش الحدودي والمطارات. وقد كانت تستعمل أجهزة إصدار الأشعة السينية قديماً دون أي نوع من أنواع الوقاية، فدفعت البشرية ثمناً غالياً، لأن العاملين بالإشعاع حينها لم تكن لديهم المعرفة الكافية عن أخطار الإشعاع وعن أسس الوقاية منه، إلا بعد أن ظهرت آثاره السيئة على الخلية الحية.

إن الإشعاع المؤين الناتج من المصادر المشعة يمكن أن يكون ذو تأثيرات جسدية أو وراثية ، وتعتمد هذه التأثيرات على نوع وشدة وطاقة ذلك الإشعاع ، وتكون الوقاية من التعرض للإشعاع على نوعين:

اولا :- الوقاية من التعرض الخارجي :

ينجم التعرض الخارجي عن التعرض لمصادر مشعة أو أجهزة إشعاعية موجودة خارج جسم الإنسان ، وتعتمد الوقاية من التعرض الخارجي على اربعة عوامل مهمة :

1. الزمن : إن تقليل زمن التعرض للإشعاعات المؤينة يؤدي الى تقليل الجرعة الإشعاعية التي يتعرض لها الأفراد ، حيث أن الجرعة المتراكمة في الإنسان تتناسب طرديا مع الزمن أي إن ($d_o = \frac{d}{t}$) إذ أن d هي الجرعة المتراكمة و d_o هي معدل الجرعة و t هو زمن التعرض ، لذا فإن أبسط أساليب الوقاية من التعرض الخارجي ، هو قضاء اقل مدة زمنية ممكنة في الأماكن التي توجد فيها الإشعاعات المؤينة .

2. **المسافة** : يقل التعرض الإشعاعي بزيادة المسافة بين المصدر المشع والنقطة المعنية (بحسب قانون التربيع العكسي $I_o \alpha \frac{1}{R^2}$ إذ أن I_o يمثل شدة الإشعاع ، و R^2 المسافة بين المصدر المشع والنقطة المعنية) .

3. الدروع : يقل التعرض الإشعاعي بوضع الحواجز أو الدروع بين المصدر المشع والنقطة المعنية ، والدروع تُعد من أهم وسائل الوقاية من التعرض الخارجي ، ويتوقف نوع مادة الدرع وسمكه على نوع الإشعاعات وطاقتها وعلى النشاط الإشعاعي للمصدر ، كما ويتوقف على معدل الجرعة المُقرة خارج الدرع .

$$I = I_o \, e^{-\mu x}$$

إذ أن :-

I يمثل شدة الأشعة النافذة .

I_o يمثل شدة الأشعة الساقطة .

μ يمثل معامل الامتصاص الخطي .

X يمثل سمك الدرع (المادة الماصة) .

4- الاحتواء:

تقييد المواد المشعة وحصرها في أقل حجم وإقصاءها عن البيئة هي أحد الوسائل الناجعة للوقاية من الإشعاع. مثلا النظائر المشعة المستخدمة في المجال الطبي توزع في وسائل مخصصة بينما تعمل المفاعلات النووية داخل أنظمة مغلقة وحواجز متعددة وغرف عند ضغوط منخفضة حتى يبقى التسرب داخل الغرفة ولا يخرج منها.

ثانيا :- الوقاية من التعرض الداخلي :

يكون التعرض الداخلي للجسم من خلال دخول المواد المشعة إليه عن طريق :

- الجهاز الهضمي : تناول الأطعمة والمشروبات الملوثة إشعاعياً .
- الجهاز التنفسي : استنشاق الغبار الملوث إشعاعيا والغازات والأبخرة المشعة .
- الامتصاص : المسامات الجلدية والجروح .

ولغرض الوقاية من التعرض الداخلي يتوجب استعمال الوسائل الوقائية اللازمة لوقاية الجهاز الهضمي والجهاز التنفسي والجروح إذ أن التعرض الداخلي هو أكثر ضرراً من التعرض الخارجي لكون النظائر المشعة تترسب في أعضاء معينة من جسم الإنسان تعرف بالأعضاء الحرجة .

❖اوصت اللجنة العالمية للوقاية الاشعاعية بحدود معينة للتعرض هي :-

1- حد التعرض السنوي (الجرعة الفعالة) للمهنيين 20 ملي سيفرت بشرط ان لاتتجاوز الجرعة التراكمية خلال 5 سنوات 100 ملي سيفرت .

2- يُحظر تعرض من تقل اعمارهم عن 16 سنة.

❖ توصيات اللجنة بشأن فترات التعرض (ساعات العمل) للعاملين في مجال الاشعاع:-

1- يجب ان لاتزيد ساعات العمل في المختبرات او الاماكن التي تحتوي على الاشعاعات عن سبع ساعات في اليوم .

2- يجب ان لاتزيد ايام العمل عن خمسة ايام في الاسبوع .

3- يجب ألا تقل الاجازة عن شهر في السنة .

4- يجب قضاء ايام العطل بعيدا عن تلك المختبرات (اماكن العمل).

- **حدود الجرعة الفعالة لعموم الجمهور (عامة البشر)**

تعرض عامة البشر هو ذلك التعرض الذي يتكبده اي فرد من عامة البشر من مصادر الاشعاع باستثناء التعرض المهني او الطبي.

لقد أوصت اللجنة الدولية للوقاية الإشعاعية في نشرتها رقم 60 عام 1991بالحدود المسموح بها لتعرض عامة البشر ، حيث لخفض التأثيرات العشوائية بين عامة البشر ، يجب ألا يتجاوز حد الجرعة الفعالة القيم الاتية :-

1- الحد السنوي للجرعة الفعالة لعامة البشر هو (1mSv/y) ، ويجوز ان يزيد الحد لسنة ما عن هذا المقدار بشرط الا تتجاوز الجرعة الفعالة لأي خمس سنوات متعاقبة عن (5 mSv) .

2- الحد السنوي للجرعة المكافئة لعدسة العين لعامة البشر هو (15 mSv/y) ، والحد السنوي للجلد هو (50 mSv/y).

التدريع الإشعاعي

ان الهدف الأساسي للوقاية الإشعاعية هو الحماية من التعرض الإشعاعي أو تقليل مقدار هذا التعرض بالقدر الذي يقلل المخاطر المترتبة عليه ، والتعرض للإشعاع المؤين يتم أما من خلال التعرض للإشعاع من مصدرإشعاعي خارج الجسم وبطاقة قادرة على اختراق الجسم ويدعى بالإشعاع الخارجي أو من خلال التعرض للإشعاع من داخل الجسم نتيجة لدخول المواد المشعة الى داخل الجسم عن طريق الجهاز الهضمي أو التنفسي أو من خلال الجلد.

ولتخفيف قيمة التعرض الإشعاعي الناتج عن الممارسات الإشعاعية فانه من الممكن توظيف ثلاث

مبادئ رئيسية لتخفيف قيمة التعرض الإشعاعي الناتج عن مصدر إشعاعي خارجي وهذه المبادئ:

1- زيادة مقدار المسافة عن مصدر الإشعاع (المسافة).

2- تقليل المدة الزمنية التي يتم خلالها التعامل مع مصادر الإشعاع (الزمن).

3- استخدام الدروع الإشعاعية.

الدروع الاشعاعية

هناك العديد من المواد التي يمكن استخدامها لتوهين الأشعة وكدروع واقية من الإشعاع نتيجة قدرة هذه المواد على توهين الإشعاع وامتصاصه. وتستخدم الدروع الإشعاعية لغايات احتواء المصادر المشعة أو عمل الحواجز الواقية من الإشعاع. لذا فان هذه الدروع الإشعاعية تعتبر من المبادئ الرئيسية والهامة في موضوع الوقاية الإشعاعية أو بعبارة أخرى القدرة على السيطرة على الإشعاع بمختلف أنواعه ومصادره من خلال توفير الدرع المناسب والملائم فنياً وهندسيا للمصدر المشع بالاعتماد على طبيعة تفاعل الإشعاع مع المواد المختلفة .

فعندما يمر الإشعاع خلال المادة فأنة يودع طاقته في المادة من خلال أنتاج الايونات المشحونة كما شرحنا سابقا وبالتالي تعمل المادة على امتصاص طاقة الإشعاع أو توهينها وقدرة المادة على الامتصاص تعتمد على عدة عوامل منها نوع الإشعاع وطاقته ونوع المادة. وبالاعتماد على هذا الأمر تم توظيف أنواع مختلفة من المواد بجعلها دروع تحمي من الإشعاع أو تعمل على تخفيف مستواه وسميت هذه المواد بالدروع الإشعاعية.

1. الدروع الاشعاعية لجسيمات الفا:

نظراً لصغر مدى جسيمات ألفا في المادة بسب كتلتها وشحنتها الكبيرتين بالنسبة إلى الأنواع الأخرى من الإشعاع المتمثل ببضعة عشرات من الميكروميتر في المواد وببضعة سنتيمترات في الهواء تجعل من السهولة جداً تدريعها واحتوائها و اعتبارها كخطر خارجي ضعيف نسبيا على الجسم الحي، لصغر مدى اختراقها فيه بحيث لا يتجاوز مداها الطبقة الميتة في الجلد ($7mg / cm^2$) لأكثر جسيمات ألفا طاقةً ولكنها تعتبر خطر حقيقي وفعال جدا في حالة دخولها جسم الكائن الحي نظرا لكثافة الطاقة المترسبة منها عند امتصاصها.

2. الدروع الاشعاعية لجسيمات بيتا:

تمتاز جسيمات بيتا بمداها المحدود في المادة ولكنه أكثر بكثير من مدى جسيمات ألفا وقد يكون أكثر تعرجا ويمكن أن يبلغ عدة أمتار في الهواء تبعا لطاقة الجسيم وقد يصل عشرة أمتار لطاقة 4 مليون إلكترون فولت وبما أنها جسيمات مشحونة فأنها تفقد طاقتها في المادة كما ذكرنا سابقا بطريقتين وهي التأيين المباشر لذرات المادة وإنتاج الأشعة الانكباحية نتيجة تفاعل الإلكترون وتسارعه في مجال النواة نتيجة قوة الجذب الكهربائي للنواة الموجبة.

الدرع الإشعاعي الملائم لجسيمات بيتا يمكن إيجاده بأخذ الاعتبارين السابقين وهما التأين المباشر و إنتاج الأشعة الانكباحية فالاعتبار الأول يتم فيه معالجة مقدار سمك الدرع اللازم من المادة أو المواد التي ستجتازها الجسيمات والاعتبار الثاني باستخدام المواد ذات العدد الذري القليل، مثل الألمنيوم والبلاستيك عوضاً عن الرصاص، لتجنب زيادة مقدار الأشعة الانكباحية وخصوصا لمصادر جسيمات بيتا ذات النشاطية الإشعاعية العالية.

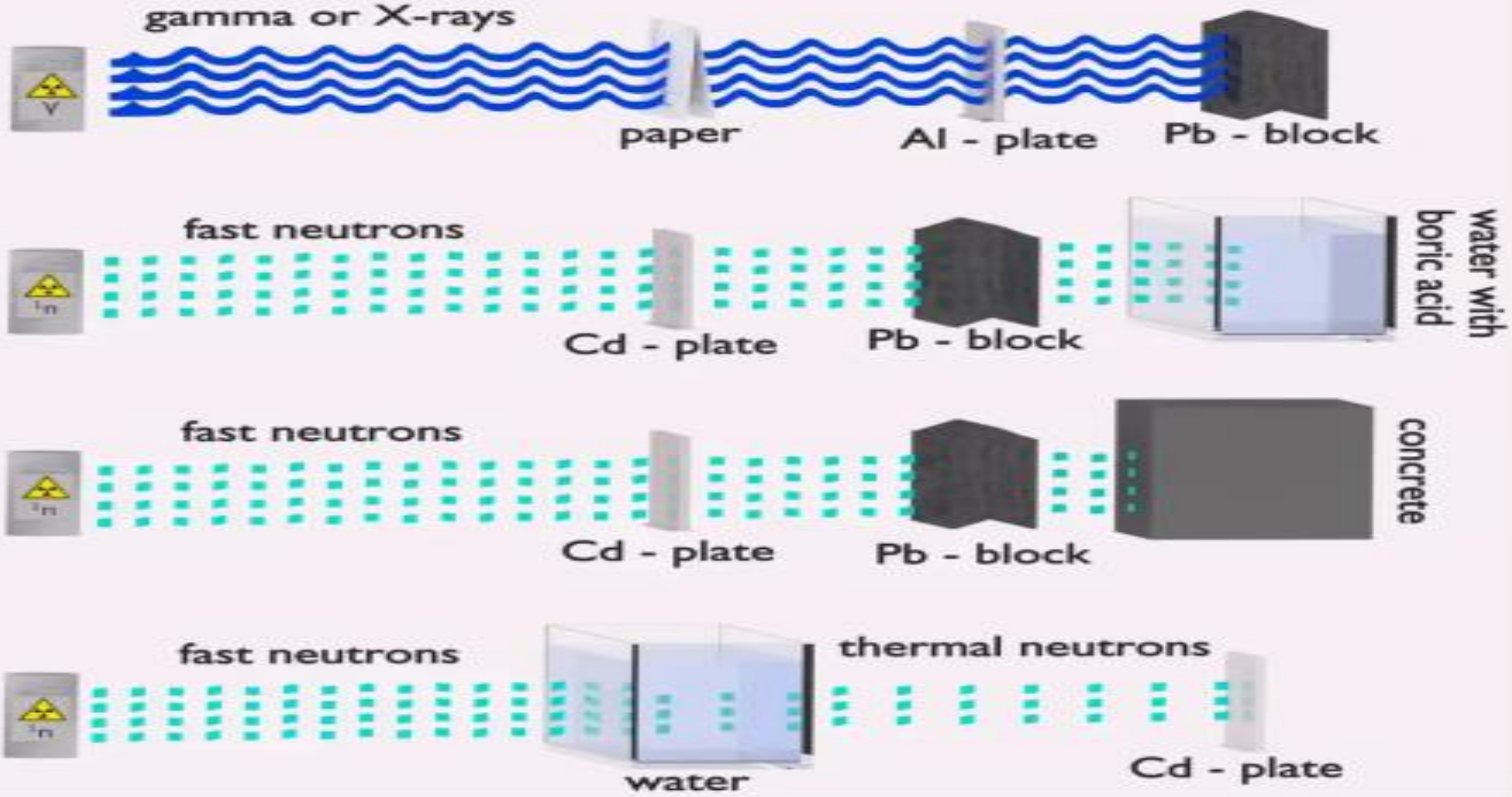
3. التدريع الاشعاعي لأشعة كاما والاشعة السينية:

يعد التدريع الاشعاعي حاجة ضرورية لحماية الانسان والبيئة، لان الاثار الضارة للإشعاعات المؤينة مثل اشعة كاما والاشعة السينية والنيوترونات يمكن ان تسبب مخاطر صحية كبيرة مع زيادة استخدام تلك الاشعة، وذلك لقدرتها العالية على اختراق المواد، لذلك كان من الضروري تقييم تلك المخاطر وتحديد الاساليب المناسبة للحماية منها ، وذلك من خلال اختيار المواد المناسبة لتصنيع الدروع الواقية من الاشعاع حيث تتوفر العديد من المواد التي يمكن استخدامها كدروع لاشعة كاما ويعد الرصاص والخرسانة الكونكريتية من اكثر هذه المواد شيوعاً.

4. الدروع الاشعاعية للنيوترونات:

بالعادة يتم عمل الدروع النيوترونية من مواد ذات القابلية العالية على التفاعل مع النيوترونات وبالتالي امتصاص طاقتها واختزالها من الحزمة النيوترونية مما يقلل مقدار تدفقها وطاقتها وبالتالي الجرعة الناتجة عنها .فالدروع المستخدمة للوقاية من النيوترونات السريعة تكون من مواد ذات قابلية لحدوث التصادمات المرنة وغير المرنة بالإضافة الى احتواها على مواد ذات قدرة على اقتناص النيوترونات المتباطئة فالمواد المحتوية على الهيدروجين بنسبة عالية من المواد المفضلة لعمل الدروع مثل مادة البرافين والماء وبالأخص النيوترونات عالية الطاقة وبما أن التصادمات غير المرنة تولد أشعة جاما نتيجة رفع النواة الى حالة الإثارة فان إضافة مواد أخرى مثل البورون والليثيوم يقلل بشكل كبير من إنتاج هذه الأشعة ،

، وبشكل عام فأنه يمكن عمل دروع نيوترونية مكونة من عدة مركبات على شكل طبقات فالتدريع للنيوترونات السريعة يمكن استخدام طبقة أولى من مواد متوسطة أو مرتفعة العدد الذري وذلك لفقدان الطاقة بواسطة التصادم غير المرن والطبقة الثانية من مواد منخفضة العدد الذري حيث يكون فقدان الطاقة بواسطة التصادمات المرنة والطبقة الثالثة تُعمل من مواد ذات مقطع عرضي عالي لاقتناص النيوترونات التي تم تهدئتها والطبقة الأخيرة تُعمل من مواد ذات عدد ذري كبير لامتصاص أشعة جاما المنتجة، ويمكن بدلا عن عمل الدروع بشكل طبقات عملها كخليط متجانس من هذه المواد لتجنب التكاليف الباهضة.


gamma or X-rays
γ
paper
Al - plate
Pb - block
fast neutrons
n
Cd - plate
Pb - block
water with boric acid
fast neutrons
n
Cd - plate
Pb - block
concrete
fast neutrons
n
water
thermal neutrons
Cd - plate

الى هنا ننتهي من

محاضرة هذا اليوم