أساسيات الوقاية من الإشعاع · عملي

المحاضرة 2

وحدات قياس الإشعاع والوحدات الدولية

Radiation Measurement Units & International SI Units

إعداد: **محمد الموسوي**

@almusawy_radiology

الفهرس

1. مقدمة	Introduction
2. النشاط الإشعاعي	Activity
3. أمثلة محلولة: النشاط الإشعاعي	Example Problems: Activity
4. التعرّض	Exposure
5. الجرعة الممتصّة	Absorbed Dose (D)
6. أمثلة محلولة: الجرعة الممتصّة	Example Problems: Absorbed Dose
7. الجرعة المكافئة	Equivalent Dose (H)
8. الجرعة الفعّالة	Effective Dose (E)
9. الجرعة المكافئة والفعّالة الملتزَم بها	Committed Equivalent and Effective Dose
10. الكيرما	KERMA
11. الخلاصة	Summary
12. الأسئلة	MCQs
13. اختبر نفسك	Quiz

1 مقدمة Introduction

Radiation protection requires the use of specific physical quantities to describe radioactive sources, radiation fields, energy transfer, and the biological effect of ionizing radiation on the human body.

تتطلّب الوقاية من الإشعاع استعمال كميات فيزيائية محدّدة لوصف المصادر المشعّة، ومجالات الإشعاع، وانتقال الطاقة، والتأثير الحيوي للإشعاع المؤيِّن في جسم الإنسان.

1- Activity

النشاط الإشعاعي.

2- Exposure

التعرّض.

3- Absorbed Dose

الجرعة الممتصّة.

4- Equivalent Dose

الجرعة المكافئة.

5- Effective Dose

الجرعة الفعّالة.

6- Committed Equivalent and effective Dose

الجرعة المكافئة والفعّالة الملتزَم بها.

7- Kerma

الكيرما (KERMA).



The seven quantities from left to right: activity, exposure, absorbed dose, equivalent dose, effective dose, committed doses, kerma.

الكميات السبع من اليسار إلى اليمين: النشاط الإشعاعي، والتعرّض، والجرعة الممتصّة، والمكافئة، والفعّالة، والملتزَم بها، والكيرما.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 2

⭐ أهم نقطة

المحاضرة تشرح سبع كميات لقياس الإشعاع، لكل منها معادلتها ووحدتها.

2 النشاط الإشعاعي Activity 🔊

Activity (النشاط الإشعاعي)

> Activity is the measure of the rate at which radioactive materials decay and emit ionizing radiation.

النشاط الإشعاعي هو مقياس المعدّل الذي تتحلّل به المواد المشعّة وتُطلق الإشعاع المؤيِّن.

> Equation: $A = \lambda N$

المعادلة: $A = \lambda N$

A: Activity

A: النشاط الإشعاعي.

λ: Decay constant

λ: ثابت التحلّل.

N: Number of radioactive nuclei

N: عدد النوى المشعّة.

It is typically expressed in units (SI) such as Becquerels (Bq).

يُعبَّر عنه عادةً بوحدات النظام الدولي (SI) مثل Becquerel (Bq) (البيكريل: وحدة النشاط الإشعاعي في النظام الدولي).

1 Bq = decay/second · That is: 1 Bq = one radioactive decay per second

1 Bq = decay/second، أي إن 1 Bq يساوي تحلّلاً إشعاعياً واحداً في الثانية.

This activity can be natural or human made and is important in various fields, including medicine, industry, and nuclear science.

هذا النشاط قد يكون طبيعياً أو من صنع الإنسان، وهو مهم في مجالات مختلفة منها الطب والصناعة والعلوم النووية.

⭐ أهم نقطة

A = λN، ووحدته البيكريل (Bq) = تحلّل واحد في الثانية.

---

3 أمثلة محلولة: النشاط الإشعاعي Example Problems: Activity

🔊

مثال: النشاط الإشعاعي Example Problem: Radioactive Activity

Equation: A = λN

المعادلة: A = λN

Problem Statement: A radioactive sample contains N = 10,000 nuclei. If the decay constant of the sample is $\lambda = 0.05\ s^{-1}$, calculate the radioactivity (A) of the sample.

نص المسألة: عيّنة مشعّة تحتوي على N = 10,000 نواة. إذا كان ثابت التحلّل للعيّنة $\lambda = 0.05\ s^{-1}$، فاحسب النشاط الإشعاعي (A) للعيّنة.

Given Data: N = 10,000 nuclei · λ = 0.05 s^{-1}

المعطيات: N = 10,000 نواة، λ = 0.05 s^{-1}

Calculation: A = λ × N · A = 0.05 × 10,000 · A = 500 Bq (decays/second)

الحساب: A = λ × N ← A = 0.05 × 10,000 ←

A = 500 Bq (decays/second)

مثال 2: إيجاد عدد النوى (N) Example Problem 2: Finding Number of Nuclei (N)

Equation: N = A / λ

المعادلة: N = A / λ

Problem Statement: A radioactive material has an activity of A = 1,200 Bq. If its decay constant is λ = 0.04 s^{-1}, calculate the number of radioactive nuclei (N) present in the sample.

نص المسألة: مادة مشعّة نشاطها A = 1,200 Bq. إذا كان ثابت تحلّلها λ = 0.04 s^{-1}، فاحسب عدد النوى المشعّة (N) الموجودة في العيّنة.

Given Data: A = 1,200 Bq · λ = 0.04 s^{-1}

المعطيات: A = 1,200 Bq، λ = 0.04 s^{-1}

Calculation: N = A / λ · N = 1,200 / 0.04 · N = 30,000 nuclei

الحساب: N = A / λ ← N = 1,200 / 0.04 ← N = 30,000 nuclei

⭐ أهم نقطة

لحساب النشاط اضرب: A = λ × N، ولحساب عدد النوى اقسم: N = A / λ.

4 التعرّض Exposure

The photons interact many times with atoms in the air each of which creates a free electron. These secondary electrons can themselves produce ionization and additional electrons.

تتفاعل الفوتونات مرات كثيرة مع ذرات الهواء، وكل تفاعل يُنتج إلكتروناً حرّاً. وهذه الإلكترونات الثانوية يمكنها هي نفسها أن تُحدث تأيُّناً وتُنتج إلكترونات إضافية.

Exposure (التعرّض)

Exposure is the total electric charge on the ions produced in a given mass of air.

التعرّض هو مجموع الشحنة الكهربائية على الأيونات المتكوّنة في كتلة معيّنة من الهواء.

Exposure measure the number of ionization in air.

يقيس التعرّض عدد حالات التأيُّن في الهواء.

Traditional unit is Roentgen (R).

الوحدة التقليدية هي Roentgen (R) (الرونتجن: الوحدة التقليدية للتعرّض).

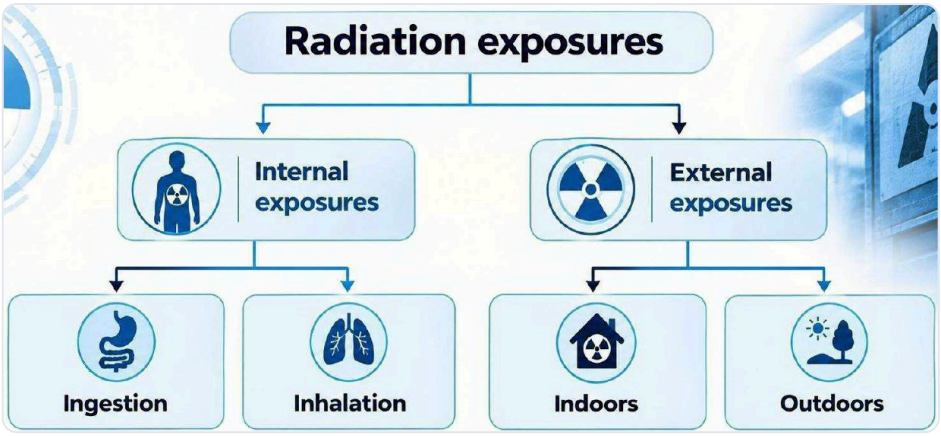
التعرّض للإشعاع Radiation exposures

Internal exposures: Ingestion, Inhalation.

التعرّض الداخلي: الابتلاع، والاستنشاق.

External exposures: Indoors, Outdoors.

التعرّض الخارجي: داخل المباني، وخارجها.



Radiation exposures: internal (ingestion, inhalation) and external (indoors, outdoors).

التعرّض للإشعاع: داخلي (ابتلاع، استنشاق) وخارجي (داخل المباني، خارجها).

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 8

⭐ أهم نقطة

التعرّض يقيس التأيُّن في الهواء (الشحنة على الأيونات في كتلة من الهواء)، ووحدته التقليدية الرونتجن (R).

5 الجرعة الممتصّة Absorbed Dose (D)

Absorbed dose (الجرعة الممتصّة)

Absorbed dose is the mean energy deposited by ionizing radiation to matter per unit mass.

الجرعة الممتصّة هي متوسط الطاقة التي يودِعها الإشعاع المؤيِّن في المادة لكل وحدة كتلة.

It is expressed in Gray (Gy).

يُعبَّر عنها بوحدة Gray (Gy) (الغراي: وحدة الجرعة الممتصّة).

1 Gray (Gy) represents the absorption of 1 joule of energy per kilogram of the material (1 Gy = 1 J/kg).

1 Gray (Gy) يمثّل امتصاص 1 جول من الطاقة لكل كيلوغرام من المادة (1 Gy = 1 J/kg).

> D = E / M

المعادلة: D = E / M

D: Absorbed dose, measured in Gray (Gy)

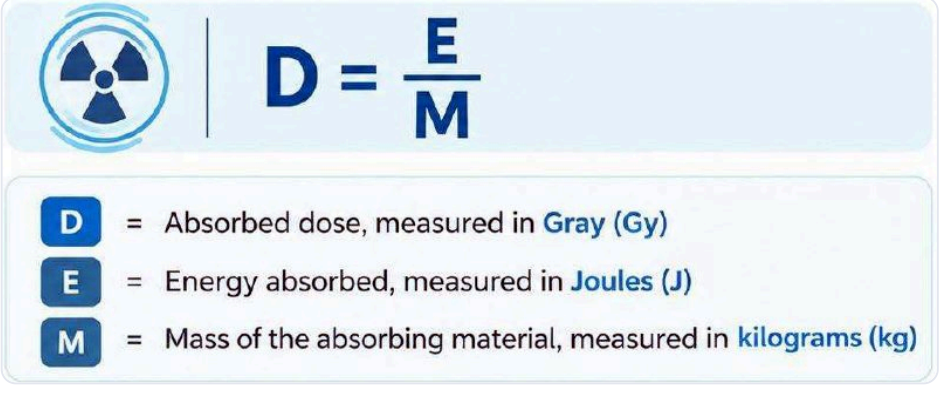
D: الجرعة الممتصّة، وتقاس بالغراي (Gy).

E: Energy absorbed, measured in Joules (J)

E: الطاقة الممتصّة، وتقاس بالجول (J).

M: Mass of the absorbing material, measured in kilograms (kg)

M: كتلة المادة الماصّة، وتقاس بالكيلوغرام (kg).



D = E / M, with the unit of each symbol.

معادلة الجرعة الممتصّة مع وحدة كل رمز.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 9

⭐ **أهم نقطة**

D = E / M، ووحدتها الغراي: 1 Gy = 1 J/kg.

---

6 أمثلة محلولة: الجرعة الممتصّة Example Problems: Absorbed

مثال 1: حساب الجرعة الممتصّة Example Problem 1: Absorbed Dose

Calculation

Equation: D = E / M

المعادلة: D = E / M

Problem Statement: A tissue sample with a mass of M = 2 kg absorbs E = 10 Joules of energy from ionizing radiation. Calculate the absorbed dose (D).

نص المسألة: عيّنة نسيج كتلتها M = 2 kg تمتصّ E = 10 جول من طاقة الإشعاع المؤيِّن. احسب الجرعة الممتصّة (D).

Given Data: E = 10 J · M = 2 kg

المعطيات: E = 10 J، M = 2 kg

Calculation: D = E / M · D = 10 / 2 · D = 5 Gy (J/kg)

الحساب: D = E / M ← D = 10 / 2 ← D = 5 Gy (J/kg)

مثال 2: إيجاد الطاقة الممتصّة (E) Example Problem 2: Finding Absorbed Energy (E)

Equation: D = E / M ⟹ E = D × M

المعادلة: D = E / M ⟹ E = D × M

Problem Statement: A patient receives a radiation dose of D = 4 Gy to an organ with a mass of M = 3 kg. How much radiation energy (E) was deposited in the organ?

نص المسألة: يتلقّى مريض جرعة إشعاعية D = 4 Gy في عضو كتلته M = 3 kg. ما مقدار طاقة الإشعاع (E) التي أُودِعت في العضو؟

Given Data: D = 4 Gy · M = 3 kg

المعطيات: D = 4 Gy، M = 3 kg

Calculation: E = D × M · E = 4 × 3 · E = 12 Joules (J)

الحساب: E = D × M ← E = 4 × 3 ← E = 12 Joules (J)

⭐ أهم نقطة

الجرعة = الطاقة ÷ الكتلة (10 / 2 = 5 Gy)، والطاقة = الجرعة × الكتلة (4 × 3 = 12 J).

7 الجرعة المكافئة Equivalent Dose (H) 🔊

Not all radiation produces the same effects, the equivalent dose to an organ H in a tissue T associated with exposure to radiation R, is given by the following equation:

ليست كل الإشعاعات تُحدث التأثيرات نفسها. وتُعطى الجرعة المكافئة H لعضو أو نسيج T الناتجة عن التعرّض لإشعاع من نوع R بالمعادلة الآتية:

$$H_{T,R} = W_R \times D_T$$

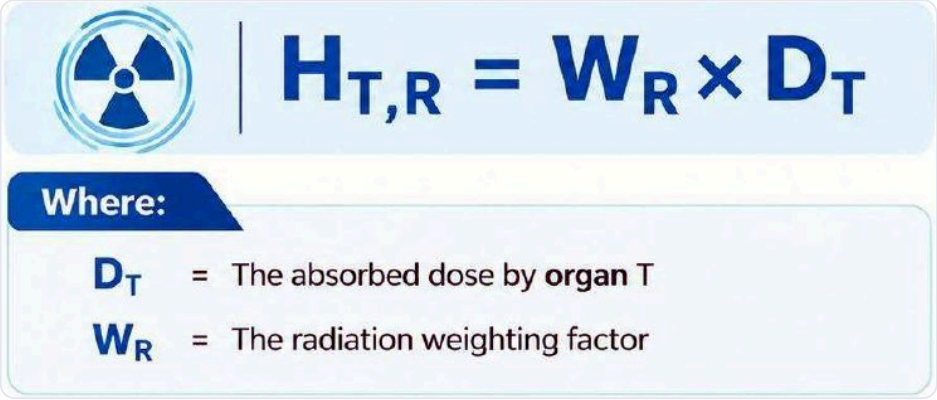
$$H_{T,R} = W_R \times D_T$$

DT: The absorbed dose by organ T

DT: الجرعة الممتصّة في العضو T.

WR: The radiation weighting factor

WR: عامل الترجيح الإشعاعي (يعبّر عن نوع الإشعاع).



The equivalent dose equation as written in the lecture.

معادلة الجرعة المكافئة كما في المحاضرة.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 12

> The SI unit of equivalent dose is the Sievert (Sv).

وحدة الجرعة المكافئة في النظام الدولي هي Sievert (Sv) (السيفرت: وحدة الجرعة المكافئة والفعّالة).

مثال: حساب الجرعة المكافئة Example Problem: Equivalent Dose

Calculation

> Equation: $H_{T,R} = W_R \times D_T$

المعادلة: $H_{T,R} = W_R \times D_T$

> Problem Statement: An organ absorbs a radiation dose of D_T = 3 Gy. If the radiation weighting factor for the type of radiation used is W_R = 5, calculate the equivalent dose ($H_{T,R}$) for the organ.

نص المسألة: يمتصّ عضو جرعة إشعاعية D_T = 3 Gy. إذا كان عامل الترجيح الإشعاعي لنوع الإشعاع المستعمل W_R = 5، فاحسب الجرعة المكافئة ($H_{T,R}$) للعضو.

> Given Data: D_T = 3 Gy · W_R = 5

المعطيات: D_T = 3 Gy، W_R = 5

Calculation: HT,R = WR × DT · HT,R = 5 × 3 · HT,R = 15 Sv (Sieverts)

الحساب: HT,R = WR × DT ← HT,R = 5 × 3 ← HT,R = 15 Sv (Sieverts)

⭐ أهم نقطة

الجرعة المكافئة = عامل الترجيح الإشعاعي × الجرعة الممتصّة، ووحدتها السيفرت (Sv) (مثال: 15 Sv = 3 × 5).

8 الجرعة الفعّالة Effective Dose (E)

Not all tissues have the same sensitivity to radiation.

ليست كل الأنسجة متساوية في حساسيتها للإشعاع.

Effective dose (الجرعة الفعّالة)

The effective dose is the equivalent doses for each organ or tissue in the organism, multiplied by its tissue weighting factor (WT)

الجرعة الفعّالة هي الجرعات المكافئة لكل عضو أو نسيج في الجسم، مضروبةً في عامل الترجيح النسيجي الخاص به (WT)

The effective dose can therefore be expressed by the following equation: E = HT × WT

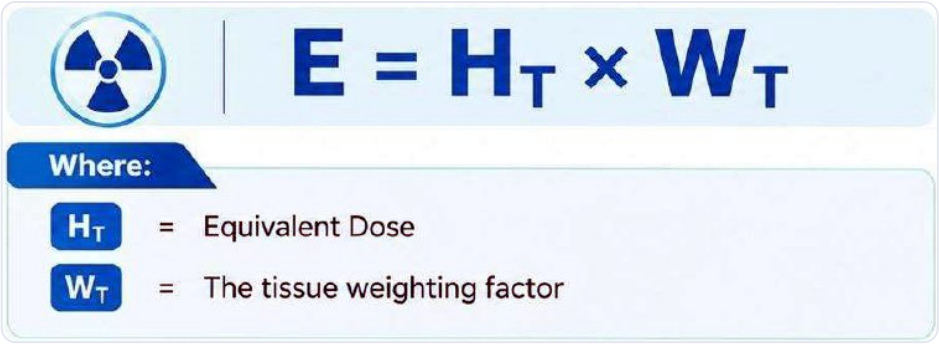
لذلك يمكن التعبير عن الجرعة الفعّالة بالمعادلة الآتية: E = HT × WT

HT: Equivalent Dose

HT: الجرعة المكافئة.

WT: The tissue weighting factor

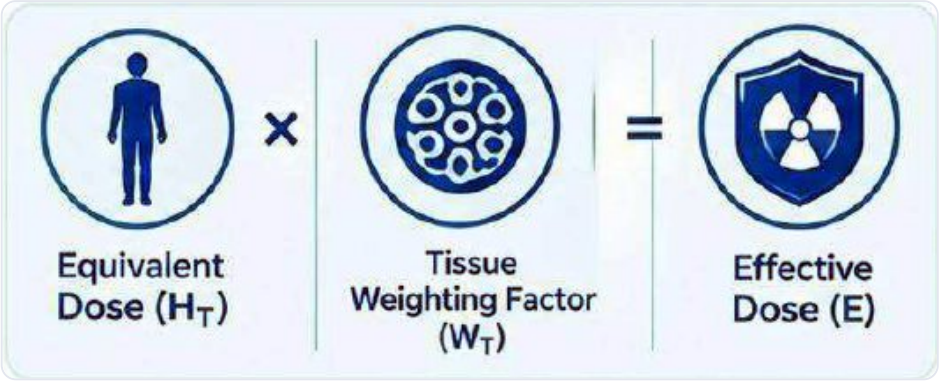
WT: عامل الترجيح النسيجي.



The effective dose equation as written in the lecture.

معادلة الجرعة الفعّالة كما في المحاضرة.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 14



Equivalent dose (HT) × tissue weighting factor (WT) = effective dose (E).

الجرعة المكافئة × عامل الترجيح النسيجي = الجرعة الفعّالة.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 14

> The SI unit of effective dose is the Sievert (Sv).

وحدة الجرعة الفعّالة في النظام الدولي هي Sievert (Sv).

مثال: حساب الجرعة الفعّالة Example Problem: Effective Dose Calculation

> Equation: E = HT × WT

المعادلة: E = HT × WT

> Problem Statement: An organ receives an equivalent dose of HT = 10 Sv. If the tissue weighting factor for this organ is WT = 0.2, calculate the effective dose (E).

نص المسألة: يتلقّى عضو جرعة مكافئة HT = 10 Sv. إذا كان عامل الترجيح النسيجي لهذا العضو WT = 0.2، فاحسب الجرعة الفعّالة (E).

Given Data: HT = 10 Sv · WT = 0.2

المعطيات: HT = 10 Sv، WT = 0.2

Calculation: E = HT × WT · E = 10 × 0.2 · E = 2 Sv (Sieverts)

الحساب: E = HT × WT ← E = 10 × 0.2 ← E = 2 Sv (Sieverts)

⭐ أهم نقطة

الجرعة الفعّالة = الجرعة المكافئة × عامل الترجيح النسيجي، ووحدتها السيفرت (Sv) (مثال: 2 Sv = 0.2 × 10).

9 الجرعة المكافئة والفعّالة الملتزَم بها Committed Equivalent and Effective Dose

Committed equivalent dose (الجرعة المكافئة الملتزَم بها)

The committed equivalent dose is the total equivalent dose that will be received by a specific organ or tissue over a specified period of time following the intake of radioactive material.

الجرعة المكافئة الملتزَم بها هي مجموع الجرعة المكافئة التي سيتلقّاها عضو أو نسيج محدّد خلال مدة زمنية محدّدة بعد دخول مادة مشعّة إلى الجسم.

$$H_T(\tau) = \int \dot{H}_T(t)\, dt \quad \text{(integral from 0 to } \tau\text{)}$$

$$H_T(\tau) = \int \dot{H}_T(t)\, dt \quad \text{(التكامل من } t = 0 \text{ إلى } \tau\text{)}$$

$H_T(\tau)$: Committed equivalent dose to tissue or organ T

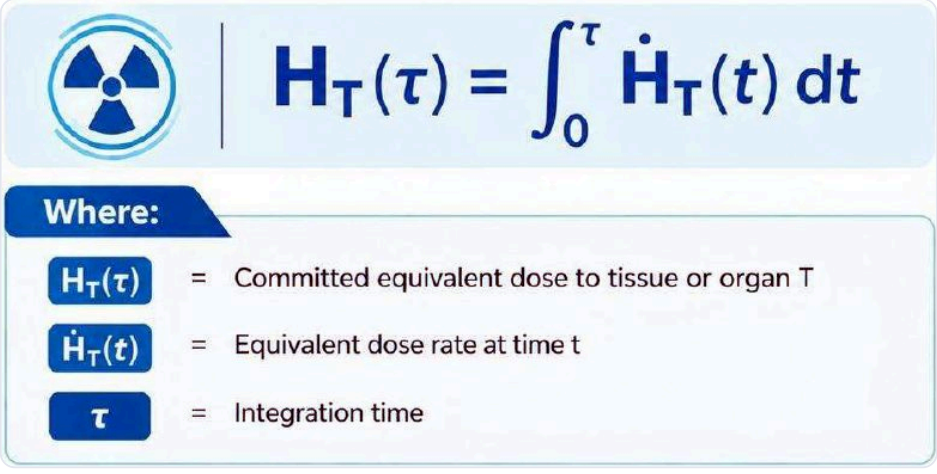
$H_T(\tau)$: الجرعة المكافئة الملتزَم بها للنسيج أو العضو T.

Ḣ(t): Equivalent dose rate at time t

Ḣ(t): معدّل الجرعة المكافئة عند الزمن t.

τ: Integration time

τ: زمن التكامل.



The committed equivalent dose equation as written in the lecture.

معادلة الجرعة المكافئة الملتزَم بها كما في المحاضرة.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 16



Intake of radioactive material → specified period of time → specific organ or tissue.

دخول المادة المشعّة ← مدة زمنية محدّدة ← عضو أو نسيج محدّد.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 16

Committed Effective Dose (الجرعة الفعّالة الملتزَم بها)

> The committed effective dose is the sum of the committed equivalent doses to all organs and tissues, each multiplied by its tissue weighting factor WT.

الجرعة الفعّالة الملتزَم بها هي مجموع الجرعات المكافئة الملتزَم بها لكل الأعضاء والأنسجة، كلٌّ منها مضروب في عامل الترجيح النسيجي الخاص به WT.

> $E(\tau) = \Sigma\ WT\ HT(\tau)$ (sum over T)

$E(\tau) = \Sigma\ WT\ HT(\tau)$ (المجموع على كل الأنسجة T)

E(τ): Committed effective dose

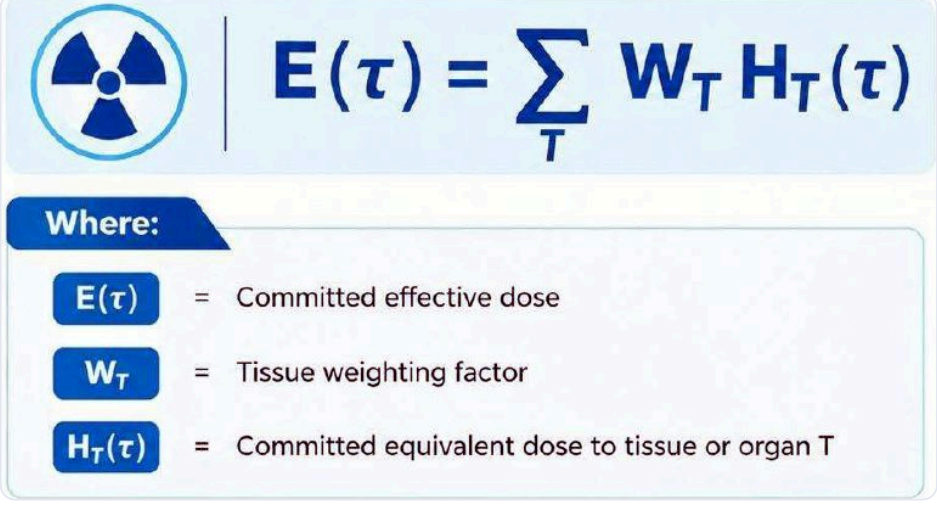
E(τ): الجرعة الفعّالة الملتزَم بها.

WT: Tissue weighting factor

WT: عامل الترجيح النسيجي.

HT(τ): Committed equivalent dose to tissue or organ T

HT(τ): الجرعة المكافئة الملتزَم بها للنسيج أو العضو T.



The committed effective dose equation as written in the lecture (Σ over all tissues T).

معادلة الجرعة الفعّالة الملتزَم بها كما في المحاضرة (المجموع على كل الأنسجة T).

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 17

⭐ أهم نقطة

«الملتزَم بها» تعني الجرعة التي سيتلقّاها الجسم خلال مدة محدّدة بعد دخول مادة مشعّة إليه؛ المكافئة لعضو واحد، والفعّالة مجموع كل الأعضاء مضروبةً في WT.

10 الكيرما KERMA

KERMA stands for: Kinetic Energy Released per unit Mass

KERMA اختصار لـ: الطاقة الحركية المتحرّرة لكل وحدة كتلة.

KERMA = Kinetic Energy Released / Mass

KERMA = Kinetic Energy Released / Mass، أي الكيرما = الطاقة الحركية المتحرّرة ÷ الكتلة.



KERMA = kinetic energy released / mass.

الكيرما = الطاقة الحركية المتحرّرة ÷ الكتلة.

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 18

KERMA (الكيرما)

> KERMA is defined as the sum of the initial kinetic energies of all charged particles liberated by ionizing radiation (e.g., X-rays, gamma rays, or other forms of ionizing radiation) per unit mass of the irradiated material.

تُعرَّف الكيرما بأنها مجموع الطاقات الحركية الابتدائية لكل الجسيمات المشحونة التي يحرّرها الإشعاع المؤيِّن (مثل الأشعة السينية وأشعة غاما وغيرها من أشكال الإشعاع المؤيِّن) لكل وحدة كتلة من المادة المعرَّضة للإشعاع.

⭐ أهم نقطة

الكيرما هي مجموع الطاقات الحركية الابتدائية للجسيمات المشحونة المتحرّرة لكل وحدة كتلة من المادة.

الخلاصة

1. Activity A = λN; SI unit becquerel: 1 Bq = one radioactive decay per second.

النشاط A = λN، ووحدته البيكريل: 1 Bq = تحلّل واحد في الثانية.

2. Exposure = total charge on ions produced in a mass of air; traditional unit roentgen (R).

التعرّض = مجموع الشحنة على الأيونات في كتلة من الهواء، ووحدته التقليدية الرونتجن (R).

3. Absorbed dose D = E / M; unit gray: 1 Gy = 1 J/kg.

الجرعة الممتصّة D = E / M، ووحدتها الغراي: 1 Gy = 1 J/kg.

4. Equivalent dose HT,R = WR × DT (radiation weighting factor); unit sievert (Sv).

الجرعة المكافئة HT,R = WR × DT (عامل الترجيح الإشعاعي)، ووحدتها السيفرت.

5. Effective dose E = HT × WT (tissue weighting factor); unit sievert (Sv).

الجرعة الفعّالة E = HT × WT (عامل الترجيح النسيجي)، ووحدتها السيفرت.

6. Committed doses: dose received over a specified time after intake of radioactive material.

الجرعات الملتزَم بها: الجرعة المتلقّاة خلال مدة محدّدة بعد دخول مادة مشعّة إلى الجسم.

7. KERMA = Kinetic Energy Released per unit Mass.

الكيرما = الطاقة الحركية المتحرّرة لكل وحدة كتلة.

8. Examples: 500 Bq · 30,000 nuclei · 5 Gy · 12 J · 15 Sv · 2 Sv.

نواتج الأمثلة: 500 Bq · 30,000 نواة · 5 Gy · 12 J · 15 Sv · 2 Sv.

أهم المصطلحات

Activity (A) — Bq النشاط الإشعاعي	**Decay constant (λ)** ثابت التحلّل
Exposure — R التعرّض	**Absorbed dose (D) — Gy** الجرعة الممتصّة
Equivalent dose (H) — Sv الجرعة المكافئة	**Effective dose (E) — Sv** الجرعة الفعّالة
Radiation weighting factor (WR) عامل الترجيح الإشعاعي	**Tissue weighting factor (WT)** عامل الترجيح النسيجي
Committed dose الجرعة الملتزَم بها	**KERMA** الكيرما

الأسئلة

1 **In radiation protection, physical quantities are used to describe:**

في الوقاية من الإشعاع، تُستعمل الكميات الفيزيائية لوصف:

A Sources, radiation fields, energy transfer and biological effect — المصادر ومجالات الإشعاع وانتقال الطاقة والتأثير الحيوي

B Only the electrical output of the X-ray generator — مخرجات مولّد الأشعة الكهربائية فقط

C Image contrast and density on the radiograph — تباين الصورة وكثافتها على الصورة الشعاعية

D Only the decay of radioactive sources, not their biological effect — تحلّل المصادر المشعة فقط، دون تأثيرها البيولوجي

✅ **A** **Sources, radiation fields, energy transfer and biological effect** — **المصادر ومجالات الإشعاع وانتقال الطاقة والتأثير الحيوي**

💡 حسب المقدمة: المصادر المشعّة، ومجالات الإشعاع، وانتقال الطاقة، والتأثير الحيوي في الجسم.

2 **Activity is the measure of:**

النشاط الإشعاعي هو مقياس:

A The charge on ions in a mass of air — الشحنة على الأيونات في كتلة من الهواء

B The energy deposited per unit mass — الطاقة المودَعة لكل وحدة كتلة

C The rate at which radioactive materials decay — معدّل تحلّل المواد المشعّة

D The sensitivity of tissues — حساسية الأنسجة

✅ **C** **The rate at which radioactive materials decay** — **معدّل تحلّل المواد المشعّة**

💡 النشاط = معدّل التحلّل. أما الشحنة على الأيونات في كتلة من الهواء فهي تعريف التعرّض، والطاقة المودَعة لكل وحدة كتلة هي الجرعة الممتصّة.

3 **In the equation A = λN, λ is:**

في المعادلة A = λN، الرمز λ هو:

A The number of radioactive nuclei — عدد النوى المشعّة

B The decay constant — ثابت التحلّل

C The activity — النشاط الإشعاعي

D The wavelength — الطول الموجي

✅ **B** **The decay constant** — **ثابت التحلّل**

💡 A النشاط، وλ ثابت التحلّل، وN عدد النوى المشعّة.

4 **The SI unit of activity is:**

وحدة النشاط الإشعاعي في النظام الدولي هي:

A Gray (Gy) — الغراي (Gy)

B Sievert (Sv) — السيفرت (Sv)

C Roentgen (R) — الرونتجن (R)

D Becquerel (Bq) — البيكريل (Bq)

✅ **D** **Becquerel (Bq)** — **البيكريل (Bq)**

💡 النشاط بالبيكريل، والجرعة الممتصّة بالغراي، والمكافئة والفعّالة بالسيفرت، والتعرّض بالرونتجن (تقليدية).

5 **1 Bq equals:**

1 Bq يساوي:

A One joule per kilogram — جولاً واحداً لكل كيلوغرام

B One decay per minute — تحلّلاً واحداً في الدقيقة

C One radioactive decay per second — تحلّلاً إشعاعياً واحداً في الثانية

D One ion pair produced per kilogram of air — زوج أيوني واحد لكل كيلوغرام من الهواء

✅ **C** **One radioactive decay per second** — **تحلّلاً إشعاعياً واحداً في الثانية**

💡 1 Bq = 1 decay/second، أي تحلّل واحد في الثانية. أما 1 J/kg فهو الغراي.

6 According to the lecture, activity is important in:

حسب المحاضرة، النشاط الإشعاعي مهم في:

A	Medicine, industry, and nuclear science	الطب والصناعة والعلوم النووية
B	Diagnostic radiography only	التصوير الشعاعي التشخيصي فقط
C	Ultrasound and MRI imaging	التصوير بالسونار والرنين
D	Radio, television and mobile communication	اتصالات الراديو والتلفزيون والهاتف المحمول

✅ **A** **Medicine, industry, and nuclear science** — **الطب والصناعة والعلوم النووية**

💡 المحاضرة تذكر أن النشاط قد يكون طبيعياً أو صناعياً، وهو مهم في الطب والصناعة والعلوم النووية.

7 A sample contains N = 10,000 nuclei and $\lambda = 0.05\ s^{-1}$. Its activity is:

عيّنة فيها N = 10,000 نواة و$\lambda = 0.05\ s^{-1}$. نشاطها:

A	200,000 Bq	200,000 بيكريل
B	50 Bq	50 بيكريل
C	5,000 Bq	5,000 بيكريل
D	500 Bq	500 بيكريل

✅ **D** **500 Bq** — **500 بيكريل**

💡 $A = \lambda \times N = 0.05 \times 10{,}000 = 500$ Bq.

8 A = 1,200 Bq and $\lambda = 0.04\ s^{-1}$. The number of radioactive nuclei is:

A = 1,200 Bq و$\lambda = 0.04\ s^{-1}$. عدد النوى المشعّة:

A	48 nuclei	48 نواة
B	30,000 nuclei	30,000 نواة
C	3,000 nuclei	3,000 نواة
D	300,000 nuclei	300,000 نواة

✅ **B** **30,000 nuclei** — **30,000 نواة**

💡 $N = A / \lambda = 1{,}200 / 0.04 = 30{,}000$ نواة.

9

To find the number of nuclei (N) from the activity and the decay constant, we use:

لإيجاد عدد النوى (N) من النشاط وثابت التحلّل نستعمل:

A N = A multiplied by λ — N = A مضروبة في λ

B N = A divided by λ — N = A مقسومة على λ

C N = λ divided by A — N = λ مقسومة على A

D N = A plus λ — N = A زائد λ

✅ **B** **N = A divided by λ** — **N = A مقسومة على λ**

💡 من A = λN نقسم الطرفين على λ فنحصل على N = A / λ.

10

Exposure is the:

التعرّض هو:

A Mean energy deposited in tissue per unit mass — متوسط الطاقة المودَعة في النسيج لكل وحدة كتلة

B Number of decays per second — عدد التحلّلات في الثانية

C Sum of the initial kinetic energies of charged particles per unit mass — مجموع الطاقات الحركية الابتدائية للجسيمات المشحونة لكل وحدة كتلة

D Total electric charge on the ions produced in a given mass of air — مجموع الشحنة الكهربائية على الأيونات المتكوّنة في كتلة معيّنة من الهواء

✅ **D** **Total electric charge on the ions produced in a given mass of air** — **مجموع الشحنة الكهربائية على الأيونات المتكوّنة في كتلة معيّنة من الهواء**

💡 التعرّض يُقاس في الهواء: الشحنة على الأيونات في كتلة من الهواء. أما متوسط الطاقة المودَعة لكل وحدة كتلة فهو الجرعة الممتصّة، وعدد التحلّلات في الثانية هو النشاط، ومجموع الطاقات الحركية الابتدائية لكل وحدة كتلة هو الكيرما.

11 **The traditional unit of exposure is:**

الوحدة التقليدية للتعرّض هي:

A	Roentgen (R)	الرونتجن (R)
B	Becquerel (Bq)	البيكريل (Bq)
C	Gray (Gy)	الغراي (Gy)
D	Sievert (Sv)	السيفرت (Sv)

✅ **A** **Roentgen (R)** — **الرونتجن (R)**

💡 المحاضرة: الوحدة التقليدية للتعرّض هي الرونتجن (R).

12 **Exposure measures the number of ionization in:**

التعرّض يقيس عدد حالات التأيُّن في:

A	Water	الماء
B	Bone	العظم
C	Air	الهواء
D	Lead	الرصاص

✅ **C** **Air** — **الهواء**

💡 التعرّض مرتبط بالهواء: الفوتونات تتفاعل مع ذرات الهواء وتُنتج إلكترونات حرّة.

13 **Ingestion and inhalation are routes of:**

الابتلاع والاستنشاق طريقان لـ:

A	External exposure	التعرّض الخارجي
B	Outdoor exposure	التعرّض خارج المباني
C	Indoor exposure	التعرّض داخل المباني
D	Internal exposure	التعرّض الداخلي

✅ **D** **Internal exposure** — **التعرّض الداخلي**

💡 حسب المخطط: الداخلي = ابتلاع واستنشاق، والخارجي = داخل المباني وخارجها.

14 **Absorbed dose is the:**

الجرعة الممتصّة هي:

A	Rate of radioactive decay	معدّل التحلّل الإشعاعي
B	Mean energy deposited by ionizing radiation to matter per unit mass	متوسط الطاقة التي يودِعها الإشعاع المؤيِّن في المادة لكل وحدة كتلة
C	Charge on ions in a mass of air	الشحنة على الأيونات في كتلة من الهواء
D	The absorbed dose multiplied by the radiation weighting factor of the beam	الجرعة الممتصة مضروبة بعامل ترجيح الإشعاع للحزمة

✅ **B** **Mean energy deposited by ionizing radiation to matter per unit mass** — **متوسط الطاقة التي يودِعها الإشعاع المؤيِّن في المادة لكل وحدة كتلة**

💡 هذا تعريف الجرعة الممتصّة (D)، ووحدتها الغراي.

15 **1 Gray (Gy) equals:**

1 Gray (Gy) يساوي:

A	1 decay/second	تحلّلاً واحداً في الثانية
B	1 kg/J	1 كيلوغرام لكل جول
C	1 J/kg	1 جول لكل كيلوغرام
D	1 C/kg	1 كولوم لكل كيلوغرام

✅ **C** **1 J/kg** — **1 جول لكل كيلوغرام**

💡 الغراي يمثّل امتصاص 1 جول لكل كيلوغرام من المادة: 1 Gy = 1 J/kg.

16 **In D = E / M, the mass M is measured in:**

في D = E / M، تُقاس الكتلة M بـ:

A	Kilograms (kg)	الكيلوغرام (kg)
B	Joules (J)	الجول (J)
C	Gray (Gy)	الغراي (Gy)
D	Grams per second	الغرام لكل ثانية

✅ **A** **Kilograms (kg)** — **الكيلوغرام (kg)**

💡 D بالغراي، وE بالجول، وM بالكيلوغرام.

17 **A tissue of M = 2 kg absorbs E = 10 J. The absorbed dose is:**

نسيج كتلته M = 2 kg يمتصّ E = 10 J. الجرعة الممتصّة:

A	5 Gy	5 غراي
B	20 Gy	20 غراي
C	0.2 Gy	0.2 غراي
D	12 Gy	12 غراي

✅ **A** 5 Gy — 5 غراي

💡 D = E / M = 10 / 2 = 5 Gy.

18 **An organ of M = 3 kg receives D = 4 Gy. The energy deposited is:**

عضو كتلته M = 3 kg يتلقّى D = 4 Gy. الطاقة المودَعة:

A	1.33 J	1.33 جول
B	7 J	7 جول
C	12 J	12 جول
D	0.75 J	0.75 جول

✅ **C** 12 J — 12 جول

💡 E = D × M = 4 × 3 = 12 J.

19 **The equivalent dose equation is:**

معادلة الجرعة المكافئة هي:

A	$E = \Sigma (W_T \times H_T)$	$E = \Sigma (W_T \times H_T)$
B	$H_{T,R} = W_R \times D_T$	$H_{T,R} = W_R \times D_T$
C	D = E / M	D = E / M
D	A = λN	A = λN

✅ **B** $H_{T,R} = W_R \times D_T$ — $H_{T,R} = W_R \times D_T$

💡 الجرعة المكافئة = عامل الترجيح الإشعاعي × الجرعة الممتصّة في العضو.
أما $E = H_T \times W_T$ فهي الجرعة الفعّالة.

20 **In the equivalent dose equation, WR is:**

في معادلة الجرعة المكافئة، WR هو:

A	The tissue weighting factor	عامل الترجيح النسيجي
B	The absorbed dose averaged over organ T	الجرعة الممتصة كمتوسط في العضو T
C	The decay constant	ثابت التحلّل
D	The radiation weighting factor	عامل الترجيح الإشعاعي

✅ **D** **The radiation weighting factor** — عامل الترجيح الإشعاعي

💡 WR عامل الترجيح الإشعاعي (نوع الإشعاع)، وWT عامل الترجيح النسيجي، وDT الجرعة الممتصّة في العضو.

21 **DT = 3 Gy and WR = 5. The equivalent dose is:**

الجرعة المكافئة: DT = 3 Gy و WR = 5.

A	0.6 Sv	0.6 سيفرت
B	8 Sv	8 سيفرت
C	15 Sv	15 سيفرت
D	15 Gy	15 غراي

✅ **C** **15 Sv** — **15 سيفرت**

💡 $H_{T,R} = W_R \times D_T = 5 \times 3 = 15$ Sv. الوحدة سيفرت وليست غراي.

22 **The effective dose takes into account that:**

الجرعة الفعّالة تأخذ بالحسبان أن:

A	Not all tissues have the same sensitivity to radiation	الأنسجة ليست متساوية في حساسيتها للإشعاع
B	All tissues have the same sensitivity to radiation	كل الأنسجة متساوية في حساسيتها للإشعاع
C	Radiation exposure is measured only in air	التعرّض للإشعاع يُقاس في الهواء فقط
D	Activity of a source decreases with time	نشاط المصدر يقلّ مع الزمن

✅ **A** **Not all tissues have the same sensitivity to radiation** — **الأنسجة ليست متساوية في حساسيتها للإشعاع**

💡 لأن الأنسجة تختلف في حساسيتها، تُضرب الجرعة المكافئة في عامل الترجيح النسيجي WT.

23 **HT = 10 Sv and WT = 0.2. The effective dose is:**

HT = 10 Sv وWT = 0.2. الجرعة الفعّالة:

A	50 Sv	50 سيفرت
B	10.2 Sv	10.2 سيفرت
C	0.02 Sv	0.02 سيفرت
D	2 Sv	2 سيفرت

✅ **D** **2 Sv** — **2 سيفرت**

💡 E = HT × WT = 10 × 0.2 = 2 Sv.

24 **The SI unit of effective dose is:**

وحدة الجرعة الفعّالة في النظام الدولي هي:

A	Gray (Gy)	الغراي (Gy)
B	Sievert (Sv)	السيفرت (Sv)
C	Becquerel (Bq)	البيكريل (Bq)
D	Joule (J)	الجول (J)

✅ **B** **Sievert (Sv)** — **السيفرت (Sv)**

💡 الجرعتان المكافئة والفعّالة كلتاهما بالسيفرت.

25 **The committed equivalent dose is the total equivalent dose received by a specific organ:**

الجرعة المكافئة الملتزَم بها هي مجموع الجرعة المكافئة التي يتلقّاها عضو محدّد:

A	During one chest X-ray only	خلال صورة صدر واحدة فقط
B	Over a specified period of time following the intake of radioactive material	خلال مدة محدّدة بعد دخول مادة مشعّة إلى الجسم
C	From outdoor exposure only	من التعرّض خارج المباني فقط
D	Over a specified period of time following an external exposure from an X-ray tube	خلال فترة محددة بعد تعرّض خارجي من أنبوب أشعة سينية

✅ **B** **Over a specified period of time following the intake of radioactive material** — **خلال مدة محدّدة بعد دخول مادة مشعّة إلى الجسم**

💡 «الملتزَم بها» تخص المادة المشعّة التي دخلت الجسم، وتُحسب خلال مدة زمنية محدّدة بعد دخولها.

26 **In the committed equivalent dose equation $H_T(\tau)$, τ is:**

في معادلة $H_T(\tau)$، الرمز τ هو:

A	The tissue weighting factor	عامل الترجيح النسيجي
B	The equivalent dose rate	معدّل الجرعة المكافئة
C	The decay constant	ثابت التحلّل
D	The integration time	زمن التكامل

✅ **D** **The integration time** — زمن التكامل

💡 τ زمن التكامل، و$\dot{H}_T(t)$ معدّل الجرعة المكافئة عند الزمن t.

27 **The committed effective dose is the sum of the committed equivalent doses to all organs and tissues, each multiplied by:**

الجرعة الفعّالة الملتزَم بها هي مجموع الجرعات المكافئة الملتزَم بها لكل الأعضاء، كلٌّ منها مضروب في:

A	Its tissue weighting factor W_T	عامل الترجيح النسيجي الخاص به W_T
B	The decay constant λ	ثابت التحلّل λ
C	Its radiation weighting factor W_R	عامل ترجيح الإشعاع الخاص به W_R
D	The number of nuclei N	عدد النوى N

✅ **A** **Its tissue weighting factor W_T** — عامل الترجيح النسيجي الخاص به W_T

💡 $E(\tau) = \Sigma\, W_T\, H_T(\tau)$: كل جرعة مكافئة ملتزَم بها تُضرب في W_T ثم تُجمع.

28 **KERMA stands for:**

KERMA اختصار لـ:

A	Kinetic Energy Radiation Measurement Area	منطقة قياس طاقة الإشعاع الحركية
B	Kilogram Energy Released per Minute of Activity	طاقة الكيلوغرام المتحرّرة لكل دقيقة نشاط
C	Kinetic Energy Released per unit Mass	الطاقة الحركية المتحرّرة لكل وحدة كتلة
D	Known Equivalent Radiation Mass Absorbed	الكتلة الممتصّة المكافئة المعروفة

✅ **C** **Kinetic Energy Released per unit Mass** — **الطاقة الحركية المتحرّرة لكل وحدة كتلة**

💡 KERMA = Kinetic Energy Released per unit Mass.

29 **A radioactive sample contains N = 60,000 nuclei, and its decay constant is λ = 0.005 s^{-1}. Calculate its activity.**

عيّنة مشعّة فيها N = 60,000 نواة، وثابت تحلّلها λ = 0.005 s^{-1}.
احسب نشاطها الإشعاعي.

A	30 Bq	Bq 30
B	300 Bq	Bq 300
C	3,000 Bq	Bq 3,000
D	12,000,000 Bq	Bq 12,000,000

✅ **B** **300 Bq** — **Bq 300**

💡 A = λ × N = 0.005 × 60,000 = 300 Bq.

30 **A source has an activity of A = 900 Bq and a decay constant of λ = 0.06 s^{-1}. How many radioactive nuclei does it contain?**

مصدر نشاطه A = 900 Bq وثابت تحلّله λ = 0.06 s^{-1}. كم نواة مشعّة يحتوي؟

A	54 nuclei	54 نواة
B	1,500 nuclei	1,500 نواة
C	15,000 nuclei	15,000 نواة
D	150,000 nuclei	150,000 نواة

✅ **C** **15,000 nuclei** — **15,000 نواة**

💡 N = A ÷ λ = 900 ÷ 0.06 = 15,000 نواة.

31 **A sample of 5,000 radioactive nuclei has an activity of 250 Bq. Using A = λN, its decay constant is:**

عيّنة فيها 5,000 نواة مشعّة نشاطها 250 Bq. باستعمال A = λN، ثابت تحلّلها يساوي:

A	20 s^{-1}	s^{-1} 20
B	0.5 s^{-1}	s^{-1} 0.5
C	1,250,000 s^{-1}	s^{-1} 1,250,000
D	0.05 s^{-1}	s^{-1} 0.05

✅ **D** **0.05 s^{-1}** **s^{-1} 0.05**

💡 $\lambda = A \div N = 250 \div 5{,}000 = 0.05\ s^{-1}$.

32 **If the number of radioactive nuclei stays the same but the decay constant is doubled, the activity will:**

إذا بقي عدد النوى المشعّة كما هو وتضاعف ثابت التحلّل، فإن النشاط الإشعاعي:

A	Double	يتضاعف
B	Halve	ينخفض إلى النصف
C	Stay the same	يبقى كما هو
D	Increase four times	يزداد أربع مرات

✅ **A** **Double** **يتضاعف**

💡 $A = \lambda N$؛ فإذا ثبت N وتضاعف λ تضاعف A.

33 **A tissue sample of mass 4 kg absorbs 6 J of energy from ionizing radiation. Calculate the absorbed dose.**

عيّنة نسيج كتلتها 4 kg تمتص 6 J من طاقة الإشعاع المؤيِّن. احسب الجرعة الممتصّة.

A	24 Gy	Gy 24
B	1.5 Gy	Gy 1.5
C	0.67 Gy	Gy 0.67
D	1.5 Sv	Sv 1.5

✅ **B** **1.5 Gy** **Gy 1.5**

💡 $D = E \div M = 6 \div 4 = 1.5$ Gy (J/kg). والوحدة الغراي لأنها جرعة ممتصّة.

34 **An organ of mass 1.2 kg receives an absorbed dose of 0.5 Gy. How much radiation energy was deposited in it?**

عضو كتلته 1.2 kg تلقّى جرعة ممتصّة مقدارها 0.5 Gy. كم طاقة إشعاعية أُودِعت فيه؟

A 2.4 J — J 2.4

B 0.42 J — J 0.42

C 0.6 J — J 0.6

D 1.7 J — J 1.7

✅ **C** 0.6 J — J 0.6

💡 E = D × M = 0.5 × 1.2 = 0.6 J.

35 **The same energy, 2 J, is absorbed by an organ of 0.5 kg and by another organ of 2 kg. Which statement is correct?**

الطاقة نفسها، 2 J، يمتصها عضو كتلته 0.5 kg وعضو آخر كتلته 2 kg. أيّ العبارات صحيحة؟

A Both organs receive the same dose because the energy is the same — العضوان يتلقيان الجرعة نفسها لأن الطاقة واحدة

B The larger organ receives the higher dose: 4 Gy vs 1 Gy — العضو الأكبر يتلقى جرعة أعلى: 4 Gy مقابل 1 Gy

C The smaller organ receives the lower dose: 1 Gy vs 4 Gy — العضو الأصغر يتلقى جرعة أقل: 1 Gy مقابل 4 Gy

D The smaller organ receives the higher dose: 4 Gy vs 1 Gy — العضو الأصغر يتلقى جرعة أعلى: 4 Gy مقابل 1 Gy

✅ **D** **The smaller organ receives the higher dose: 4 Gy vs 1 Gy** — **العضو الأصغر يتلقى جرعة أعلى: 4 Gy مقابل 1 Gy**

💡 D = E ÷ M: العضو الصغير 2 ÷ 0.5 = 4 Gy، والكبير 2 ÷ 2 = 1 Gy؛ فالكتلة الأقل تعني جرعة أعلى للطاقة نفسها.

36

An organ absorbs D_T = 0.05 Gy from a radiation with W_R = 20. Calculate the equivalent dose.

عضو يمتص D_T = 0.05 Gy من إشعاع عامل ترجيحه W_R = 20. احسب الجرعة المكافئة.

A	1 Sv	Sv 1
B	0.0025 Sv	Sv 0.0025
C	1 Gy	Gy 1
D	20.05 Sv	Sv 20.05

✅ **A** **1 Sv** **Sv 1**

💡 H = W_R × D_T = 20 × 0.05 = 1 Sv.

37

An organ's equivalent dose is 6 Sv, and the radiation weighting factor is W_R = 2. What absorbed dose did the organ receive?

الجرعة المكافئة لعضو 6 Sv، وعامل الترجيح الإشعاعي W_R = 2. ما الجرعة الممتصّة التي تلقّاها العضو؟

A	12 Gy	Gy 12
B	3 Gy	Gy 3
C	3 Sv	Sv 3
D	8 Gy	Gy 8

✅ **B** **3 Gy** **Gy 3**

💡 D_T = H ÷ W_R = 6 ÷ 2 = 3 Gy (الجرعة الممتصّة بالغراي).

38

Ionizing radiation liberates charged particles with total initial kinetic energy of 1.2 J in 3 kg of material. Calculate the KERMA.

يحرّر الإشعاع المؤيِّن جسيمات مشحونة مجموع طاقتها الحركية الابتدائية 1.2 J في 3 kg من المادة. احسب الكيرما.

A	3.6 J/kg	J/kg 3.6
B	2.5 J/kg	J/kg 2.5
C	0.4 J/kg	J/kg 0.4
D	4.2 J/kg	J/kg 4.2

✅ **C** **0.4 J/kg** **J/kg 0.4**

💡 KERMA = الطاقة الحركية المتحرّرة ÷ الكتلة = 1.2 ÷ 3 = 0.4 J/kg.

39

After a radioactive substance is swallowed, the physicist wants ONE whole-body value: the committed equivalent doses of all organs, each multiplied by its W_T, then added. This quantity is:

بعد ابتلاع مادة مشعّة، يريد الفيزيائي قيمة واحدة للجسم كله: الجرعات المكافئة الملتزَم بها لكل الأعضاء، كلٌّ مضروب بـ W_T، ثم تُجمع. هذه الكمية هي:

A	The committed equivalent dose HT(τ) of one organ	الجرعة المكافئة الملتزَم بها HT(τ) لعضو واحد
B	The absorbed dose D	الجرعة الممتصّة D
C	The KERMA	الكيرما
D	The committed effective dose E(τ)	الجرعة الفعّالة الملتزَم بها E(τ)

✅ **D** **The committed effective dose E(τ)** — **الجرعة الفعّالة الملتزَم بها E(τ)**

💡 مجموع الجرعات المكافئة الملتزَم بها لكل الأعضاء والأنسجة، كلٌّ مضروب بعامل الترجيح النسيجي، هو الجرعة الفعّالة الملتزَم بها.

40

Before giving a radiopharmaceutical, a hot-lab technologist must confirm how many decays per second the vial still produces. Which quantity, in which unit, should he measure?

قبل إعطاء دواء مشعّ، يجب على تقني المختبر الحار أن يتأكد من عدد التحلّلات في الثانية التي ما زالت القارورة تُنتجها. أيّ كمية، وبأيّ وحدة، يقيس؟

A	Exposure, in C/kg	التعرّض، بوحدة C/kg
B	Absorbed dose, in gray	الجرعة الممتصّة، بوحدة الغراي
C	Effective dose, in sievert	الجرعة الفعّالة، بوحدة السيفرت
D	Activity, in becquerel	النشاط الإشعاعي، بوحدة البيكريل

✅ **D** **Activity, in becquerel** — **النشاط الإشعاعي، بوحدة البيكريل**

💡 المحاضرة: النشاط الإشعاعي يقيس معدّل تحلّل المادة المشعّة، ووحدته البيكريل (1 Bq = تحلّل واحد في الثانية)؛ أما التعرّض والجرعات فتصف أثر الإشعاع على الهواء أو النسيج.

✅ اختبر نفسك الآن

اختبار تفاعلي لهذه المحاضرة: الأسئلة نفسها بترتيب جديد كل مرة.

صوّر الرمز بكاميرا الموبايل إذا كان الملف مطبوعاً.

للمزيد: قناة @almusawy_radiology