أساسيات الوقاية من الإشعاع · نظري

المحاضرة 2

# وحدات قياس الإشعاع

Radiation Measurement Units & International SI Units

إعداد: **محمد الموسوي**

**@almusawy_radiology**

# الفهرس


| | |
|---|---|
| 1. مقدمة | Introduction |
| 2. النشاط الإشعاعي | Activity |
| 3. التعرّض | Exposure |
| 4. الجرعة الممتصة (D) | Absorbed Dose (D) |
| 5. الجرعة المكافئة (H) | Equivalent Dose (H) |
| 6. الجرعة الفعّالة (E) | Effective Dose (E) |
| 7. الجرعة المكافئة والفعّالة الملتزَم بها | Committed Equivalent and Effective Dose |
| 8. الكيرما | KERMA |
| 9. الخلاصة | Summary |
| 10. الأسئلة | MCQs |
| 11. 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.

تتطلب الوقاية من الإشعاع استعمال كميات فيزيائية محددة لوصف المصادر المشعة، والمجالات الإشعاعية، وانتقال الطاقة، والتأثير البيولوجي للإشعاع المؤيِّن في جسم الإنسان.

**1-** Activity

النشاط الإشعاعي.

**2-** Exposure

التعرّض.

**3-** Absorbed Dose

الجرعة الممتصة.

**4-** Equivalent Dose

الجرعة المكافئة.

**5-** Effective Dose

الجرعة الفعّالة.

**6-** Committed Equivalent and effective Dose

الجرعة المكافئة والفعّالة الملتزَم بها.

**7-** Kerma

الكيرما.

⭐ أهم نقطة

سبع كميات تُستعمل في الوقاية من الإشعاع، ولكل كمية تعريفها ووحدتها.

## 2 النشاط الإشعاعي Activity

**Activity** (النشاط الإشعاعي)

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

مقياس لمعدّل تحلّل المواد المشعة وإطلاقها للإشعاع المؤيِّن.

**المعادلة: $A = \lambda N$**

---

**A:** Activity

**A:** النشاط الإشعاعي.

---

**λ:** Decay constant

**λ:** ثابت التحلّل.

---

**N:** Number of radioactive nuclei

**N:** عدد النوى المشعة.

---

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

يُعبَّر عنه عادةً بوحدات النظام الدولي (SI)، مثل البيكريل (Bq) Becquerel.

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

1 Bq = تحلّل واحد في الثانية، أي: 1 Bq = تحلّل إشعاعي واحد في الثانية.

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

يمكن أن يكون هذا النشاط طبيعياً أو من صنع الإنسان، وله أهمية في مجالات مختلفة، منها الطب والصناعة والعلوم النووية.

⭐ أهم نقطة

النشاط = معدّل التحلّل (A = λN)، ووحدته Bq: تحلّل واحد في الثانية.

## 3 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 عديدة مع ذرات الهواء، ويُنتج كل تفاعل منها إلكتروناً حراً. 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.

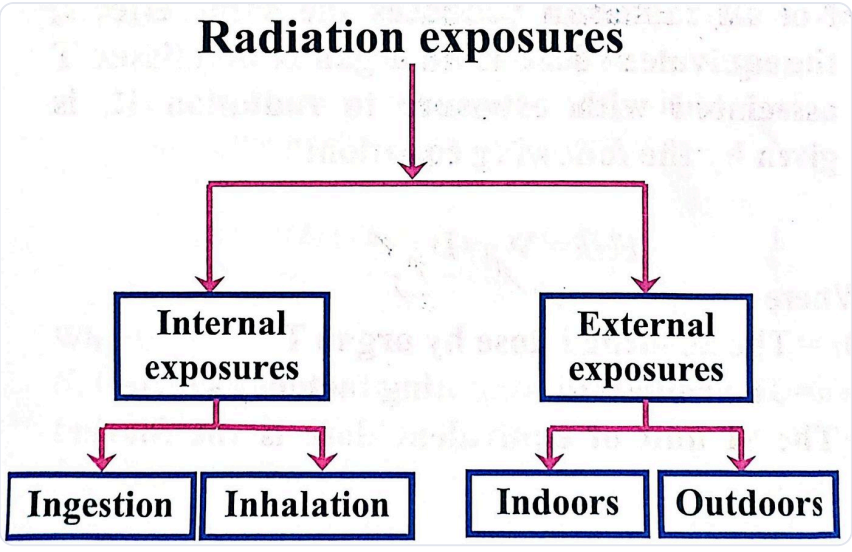
مجموع الشحنة الكهربائية على الأيونات المتكوّنة في كتلة معيّنة من الهواء.

Exposure measure the number of ionization in air.

يقيس التعرّض مقدار التأيُّن في الهواء.

Traditional unit is Roentgen (R).

الوحدة التقليدية هي الرونتجن Roentgen (R).




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

التعرّض للإشعاع: داخلي (بالابتلاع أو بالاستنشاق) وخارجي (داخل المباني أو خارجها).

المصدر: محاضرة الأستاذ، ص 3

⭐ أهم نقطة

التعرّض يقيس التأيُّن الذي تُحدثه الفوتونات في الهواء فقط، ووحدته التقليدية الرونتجن (R).

---

## 4 الجرعة الممتصة (D) Absorbed Dose (D) 🔊

**Absorbed dose** (الجرعة الممتصة)

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

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

It is expressed in Gray (Gy).

يُعبَّر عنها بوحدة الغراي Gray (Gy).

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

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

**المعادلة: D = E / M**

**D:** Absorbed dose, measured in Gray (Gy)

**D:** الجرعة الممتصة، وتُقاس بالغراي (Gy).

**E:** Energy absorbed, measured in Joules (J)

**E:** الطاقة الممتصة، وتُقاس بالجول (J).

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

**M:** كتلة المادة الماصّة، وتُقاس بالكيلوغرام (kg).

⭐ أهم نقطة

الجرعة الممتصة = طاقة ÷ كتلة، ووحدتها الغراي: 1 Gy = 1 J/kg.

## 5 الجرعة المكافئة (H) 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:

ليس كل إشعاع يُحدث التأثيرات نفسها. والجرعة المكافئة H لعضو أو نسيج T الناتجة عن التعرّض لإشعاع من نوع R تُعطى بالمعادلة الآتية:

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

**$D_T$:** The absorbed dose by organ T

**$D_T$:** الجرعة الممتصة في العضو T.

**W_R:** The radiation weighting factor

**W_R:** عامل الترجيح الإشعاعي.

---

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

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

> ⭐ **أهم نقطة**
>
> الجرعة المكافئة = الجرعة الممتصة × عامل الترجيح الإشعاعي W_R، لأن أنواع الإشعاع تختلف في تأثيرها، ووحدتها السيفرت (Sv).

---

## 6 الجرعة الفعّالة (E) 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 (W_T)

الجرعات المكافئة لكل عضو أو نسيج في الكائن الحي، مضروبةً في عامل الترجيح النسيجي الخاص به (W_T).

> The effective dose can therefore be expressed by the following equation: E = H_T × W_T

لذلك يمكن التعبير عن الجرعة الفعّالة بالمعادلة: E = H_T × W_T

---

**H_T:** Equivalent Dose

**H_T:** الجرعة المكافئة.

---

**W_T:** The tissue weighting factor

**W_T:** عامل الترجيح النسيجي.

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

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

⭐ **أهم نقطة**

الجرعة الفعّالة تراعي اختلاف حساسية الأنسجة: الجرعة المكافئة × عامل الترجيح النسيجي W_T، ووحدتها أيضاً السيفرت.

## 7 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.

مجموع الجرعة المكافئة التي سيتلقاها عضو أو نسيج معيّن خلال فترة زمنية محددة بعد دخول مادة مشعة إلى الجسم.

$$H_T(\tau) = \int_0^{\tau} \dot{H}_T(t)\, dt$$

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

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

**Ḣ_T(t):** Equivalent dose rate at time t

**Ḣ_T(t):** معدّل الجرعة المكافئة عند الزمن t.

**τ:** Integration time

**τ:** زمن التكامل.

**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 W_T.

مجموع الجرعات المكافئة الملتزَم بها لكل الأعضاء والأنسجة، كلٌّ منها مضروب في عامل الترجيح النسيجي W_T الخاص به.

$$E(\tau) = \Sigma\ W_T\ H_T(\tau)$$

**E(τ):** Committed effective dose

**E(τ):** الجرعة الفعّالة الملتزَم بها.

**W_T:** Tissue weighting factor

**W_T:** عامل الترجيح النسيجي.

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

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

⭐ **أهم نقطة**

الجرعة «الملتزَم بها» تخص التعرّض الداخلي: هي الجرعة التي سيتلقاها العضو خلال فترة زمنية بعد دخول المادة المشعة إلى الجسم.

## 8 الكيرما KERMA 🔊

**KERMA** (الكيرما)

> KERMA stands for: Kinetic Energy Released per unit Mass

اختصار لـ «الطاقة الحركية المتحرّرة لكل وحدة كتلة».

**KERMA = Kinetic Energy Released / Mass**

> 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 أو أشعة غاما أو غيرها من أشكال الإشعاع المؤيِّن) لكل وحدة كتلة من المادة المعرَّضة للإشعاع.

**⭐ أهم نقطة**

الكيرما = الطاقة الحركية الابتدائية للجسيمات المشحونة المتحرّرة ÷ كتلة المادة.

# الخلاصة

**1.** Activity A = λN; unit Becquerel: 1 Bq = one radioactive decay per second.
النشاط A = λN، ووحدته البيكريل: 1 Bq = تحلّل واحد في الثانية.

**2.** Exposure: total charge of ions produced in a given mass of air; traditional unit Roentgen (R).
التعرّض: شحنة الأيونات المتكوّنة في كتلة من الهواء، ووحدته التقليدية الرونتجن.

**3.** Absorbed dose D = E / M; unit Gray: 1 Gy = 1 J/kg.
الجرعة الممتصة D = E / M، ووحدتها الغراي: 1 Gy = 1 J/kg.

**4.** Equivalent dose H = W_R × D (radiation weighting factor); unit Sievert (Sv).
الجرعة المكافئة = عامل الترجيح الإشعاعي × الجرعة الممتصة، ووحدتها السيفرت.

**5.** Effective dose E = H_T × W_T (tissue weighting factor); unit Sievert (Sv).
الجرعة الفعّالة = الجرعة المكافئة × عامل الترجيح النسيجي، ووحدتها السيفرت.

**6.** Committed dose: dose received over a period of time after intake of radioactive material.
الجرعة الملتزَم بها: ما يتلقاه العضو خلال فترة بعد دخول مادة مشعة إلى الجسم.

**7.** KERMA: Kinetic Energy Released per unit Mass.
الكيرما: الطاقة الحركية المتحرّرة لكل وحدة كتلة.

## أهم المصطلحات

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Activity (Bq)** | النشاط الإشعاعي (بيكريل) | **Decay constant (λ)** | ثابت التحلّل |
| **Exposure (R)** | التعرّض (رونتجن) | **Absorbed dose (Gy)** | الجرعة الممتصة (غراي) |
| **Equivalent dose (Sv)** | الجرعة المكافئة (سيفرت) | **Effective dose (Sv)** | الجرعة الفعّالة (سيفرت) |
| **Radiation weighting factor** | عامل الترجيح الإشعاعي | **Tissue weighting factor** | عامل الترجيح النسيجي |
| **Committed dose** | الجرعة الملتزَم بها | **KERMA** | الكيرما |

# الأسئلة

**1** **Which of the following is one of the radiation quantities listed in the introduction?**

أيّ مما يأتي من كميات الإشعاع المذكورة في المقدمة؟

| | | |
|---|---|---|
| **A** | Half-life | عمر النصف |
| **B** | Wavelength | الطول الموجي |
| **C** | Kerma | الكيرما |
| **D** | Frequency | التردد |

✅ **C** **Kerma** **الكيرما**

💡 القائمة في المقدمة: النشاط، والتعرّض، والجرعة الممتصة، والمكافئة، والفعّالة، والملتزَم بها، والكيرما.

**2** **Activity is the measure of:**

النشاط الإشعاعي مقياس لـ:

| | | |
|---|---|---|
| **A** | The rate at which radioactive materials decay and emit ionizing radiation | معدّل تحلّل المواد المشعة وإطلاقها للإشعاع المؤيِّن |
| **B** | The mean energy deposited by ionizing radiation per unit mass of tissue | متوسط الطاقة التي يودعها الإشعاع المؤين لكل وحدة كتلة من النسيج |
| **C** | The charge of ions produced in air | شحنة الأيونات المتكوّنة في الهواء |
| **D** | The sensitivity of different tissues and organs to the effects of radiation | حساسية الأنسجة والأعضاء المختلفة لتأثيرات الإشعاع |

✅ **A** **The rate at which radioactive materials decay and emit ionizing radiation** **معدّل تحلّل المواد المشعة وإطلاقها للإشعاع المؤيِّن**

💡 النشاط هو معدّل تحلّل المواد المشعة. الطاقة لكل كتلة هي الجرعة الممتصة، وشحنة الأيونات في الهواء هي التعرّض.

**3** **In the equation A = λN, λ is:**

في المعادلة A = λN، الرمز λ هو:

| | | |
|---|---|---|
| **A** | The decay constant | ثابت التحلّل |
| **B** | The number of radioactive nuclei | عدد النوى المشعة |
| **C** | The activity | النشاط |
| **D** | The wavelength | الطول الموجي |

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

💡 A النشاط، و λ ثابت التحلّل، و N عدد النوى المشعة.

**4** **1 Becquerel (Bq) equals:**

1 بيكريل (Bq) يساوي:

| | | |
|---|---|---|
| **A** | One joule per kilogram | جولاً واحداً لكل كيلوغرام |
| **B** | One radioactive decay per second | تحلّلاً إشعاعياً واحداً في الثانية |
| **C** | One radioactive decay per minute | تحلّلاً إشعاعياً واحداً في الدقيقة |
| **D** | One coulomb of charge per kilogram of air | كولوم واحد من الشحنة لكل كيلوغرام من الهواء |

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

💡 1 Bq = تحلّل إشعاعي واحد في الثانية. أما 1 J/kg فهو الغراي.

**5** **Exposure is the total electric charge on the ions produced in a given mass of:**

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

| | | |
|---|---|---|
| **A** | Soft tissue | النسيج الرخو |
| **B** | Water | الماء |
| **C** | Air | الهواء |
| **D** | Lead | الرصاص |

✅ **C** **Air** — **الهواء**

💡 التعرّض يُعرَّف ويُقاس في الهواء فقط: يقيس مقدار التأيُّن في الهواء.

**6** **The traditional unit of exposure is the:**

الوحدة التقليدية للتعرّض هي:

**A** Gray (Gy) — الغراي

**B** Sievert (Sv) — السيفرت

**C** Roentgen (R) — الرونتجن

**D** Becquerel (Bq) — البيكريل

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

💡 وحدة التعرّض التقليدية الرونتجن (R). الغراي للجرعة الممتصة، والسيفرت للمكافئة والفعّالة، والبيكريل للنشاط.

**7** **When photons interact with atoms in the air, each interaction creates:**

عندما تتفاعل الفوتونات مع ذرات الهواء، يُنتج كل تفاعل:

**A** A neutron — نيوتروناً

**B** A free electron — إلكتروناً حراً

**C** An alpha particle — جسيم ألفا

**D** A radioactive nucleus — نواةً مشعة

✅ **B** **A free electron** — **إلكتروناً حراً**

💡 كل تفاعل يُنتج إلكتروناً حراً، وهذه الإلكترونات الثانوية تُحدث بدورها تأيُّناً وإلكترونات إضافية.

**8** **Absorbed dose is:**

الجرعة الممتصة هي:

| | | |
|---|---|---|
| **A** | The number of decays per second | عدد التحلّلات في الثانية |
| **B** | The total charge on ions produced in air | مجموع الشحنة على الأيونات المتكوّنة في الهواء |
| **C** | The equivalent dose multiplied by the tissue weighting factor of each organ | الجرعة المكافئة مضروبة بعامل ترجيح النسيج لكل عضو |
| **D** | The mean energy deposited by ionizing radiation to matter per unit mass | متوسط الطاقة التي يودِعها الإشعاع المؤيِّن في المادة لكل وحدة كتلة |

✅ **D** **The 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 الممتصة (D = E / M). عدد التحلّلات هو النشاط، والشحنة في الهواء هي التعرّض، والضرب في W_T يعطي الجرعة الفعّالة.

**9** **1 Gray (Gy) is equal to:**

1 غراي (Gy) يساوي:

| | | |
|---|---|---|
| **A** | 1 decay/second | تحلّلاً واحداً في الثانية |
| **B** | 1 C/kg | 1 كولوم لكل كيلوغرام |
| **C** | 100 J/kg | 100 جول لكل كيلوغرام |
| **D** | 1 J/kg | 1 جول لكل كيلوغرام |

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

💡 1 Gy يمثّل امتصاص 1 جول من الطاقة لكل كيلوغرام من المادة.

**10** **In the equation D = E / M, M is:**

في المعادلة D = E / M، الرمز M هو:

| | | |
|---|---|---|
| **A** | Energy absorbed by the irradiated material, in joules | الطاقة الممتصة في المادة المعرّضة للإشعاع، بالجول |
| **B** | Mass of the absorbing material, in kilograms | كتلة المادة الماصّة بالكيلوغرام |
| **C** | Absorbed dose, in gray | الجرعة الممتصة بالغراي |
| **D** | Number of radioactive nuclei | عدد النوى المشعة |

✅ **B** **Mass of the absorbing material, in kilograms** — **كتلة المادة الماصّة بالكيلوغرام**

💡 D الجرعة الممتصة (Gy)، و E الطاقة الممتصة (J)، و M كتلة المادة الماصّة (kg).

**11** **The equivalent dose is needed because:**

نحتاج إلى الجرعة المكافئة لأن:

| | | |
|---|---|---|
| **A** | Not all tissues have the same sensitivity | ليست كل الأنسجة متساوية في حساسيتها |
| **B** | Exposure is measured only in air, not in tissue | التعرّض يُقاس في الهواء فقط، لا في النسيج |
| **C** | Activity changes with time | النشاط يتغير مع الزمن |
| **D** | Not all radiation produces the same effects | ليس كل إشعاع يُحدث التأثيرات نفسها |

✅ **D** **Not all radiation produces the same effects** — **ليس كل إشعاع يُحدث التأثيرات نفسها**

💡 الجرعة المكافئة تراعي اختلاف أنواع الإشعاع في تأثيرها (عامل W_R). أما اختلاف حساسية الأنسجة فتراعيه الجرعة الفعّالة (W_T).

**12**

**In $H_{T,R} = W_R \times D_T$, $W_R$ is the:**

في المعادلة $H_{T,R} = W_R \times D_T$، الرمز $W_R$ هو:

**A** Tissue weighting factor — عامل الترجيح النسيجي

**B** Absorbed dose by organ T — الجرعة الممتصة في العضو T

**C** Radiation weighting factor — عامل الترجيح الإشعاعي

**D** Decay constant — ثابت التحلّل

✅ **C** **Radiation weighting factor** — عامل الترجيح الإشعاعي

💡 $W_R$ عامل الترجيح الإشعاعي (R = radiation)، و$W_T$ عامل الترجيح النسيجي (T = tissue).

**13**

**The SI unit of equivalent dose is the:**

وحدة الجرعة المكافئة في النظام الدولي هي:

**A** Sievert (Sv) — السيفرت

**B** Gray (Gy) — الغراي

**C** Roentgen (R) — الرونتجن

**D** Becquerel (Bq) — البيكريل

✅ **A** **Sievert (Sv)** — السيفرت

💡 الجرعة المكافئة والجرعة الفعّالة كلتاهما بالسيفرت (Sv)، أما الجرعة الممتصة فبالغراي.

**14**

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

الجرعة الفعّالة تراعي أن:

**A** Not all types of radiation produce the same biological effects — ليست كل أنواع الإشعاع تُحدث نفس التأثيرات البيولوجية

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

**C** Photons create free electrons in air — الفوتونات تُنتج إلكترونات حرة في الهواء

**D** Radioactive nuclei decay at a constant rate — النوى المشعة تتحلّل بمعدّل ثابت

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

💡 الجرعة الفعّالة تضرب الجرعة المكافئة لكل عضو في عامل الترجيح النسيجي $W_T$، لأن حساسية الأنسجة مختلفة.

**15** **In E = H_T × W_T, W_T is the:**

في المعادلة E = H_T × W_T، الرمز W_T هو:

| | | |
|---|---|---|
| **A** | Radiation weighting factor | عامل الترجيح الإشعاعي |
| **B** | Equivalent dose | الجرعة المكافئة |
| **C** | Integration time | زمن التكامل |
| **D** | Tissue weighting factor | عامل الترجيح النسيجي |

✅ **D** **Tissue weighting factor** — **عامل الترجيح النسيجي**

💡 H_T الجرعة المكافئة، و W_T عامل الترجيح النسيجي.

**16** **The committed equivalent dose is received by an organ over a specified period of time following:**

الجرعة المكافئة الملتزَم بها يتلقاها العضو خلال فترة محددة بعد:

| | | |
|---|---|---|
| **A** | A chest X-ray | تصوير الصدر بالأشعة السينية |
| **B** | The intake of radioactive material | دخول مادة مشعة إلى الجسم |
| **C** | Exposure to radio waves | التعرّض للموجات الراديوية |
| **D** | Leaving the controlled area | مغادرة المنطقة الخاضعة للرقابة |

✅ **B** **The intake of radioactive material** — **دخول مادة مشعة إلى الجسم**

💡 الجرعة الملتزَم بها تخص المادة المشعة التي دخلت الجسم وتستمر في إشعاعه مدة من الزمن.

**17** **The committed effective dose is:**

الجرعة الفعّالة الملتزَم بها هي:

| | | |
|---|---|---|
| **A** | Absorbed dose × W_R | الجرعة الممتصة × W_R |
| **B** | Number of decays per second in a source | عدد التحلّلات في الثانية في المصدر |
| **C** | Σ of committed equivalent doses × W_T | مجموع الجرعات المكافئة الملتزَم بها × W_T |
| **D** | Charge of ions produced in air | شحنة الأيونات المتكوّنة في الهواء |

✅ **C** **Σ of committed equivalent doses × W_T** — **مجموع الجرعات المكافئة الملتزَم بها × W_T**

💡 $E(\tau) = \Sigma\, W_T\, H_T(\tau)$: مجموع الجرعات المكافئة الملتزَم بها، كلٌّ مضروب في عامل الترجيح النسيجي.

**18**

**KERMA stands for:**

اختصار KERMA يعني:

| | | |
|---|---|---|
| **A** | Kinetic Energy Released per unit Mass | الطاقة الحركية المتحرّرة لكل وحدة كتلة |
| **B** | Kinetic Energy Recorded per unit Mass | الطاقة الحركية المسجَّلة لكل وحدة كتلة |
| **C** | Kinetic Electron Radiation per unit Mass | إشعاع الإلكترونات الحركي لكل وحدة كتلة |
| **D** | Known Energy Released per Molecule of Air | الطاقة المعروفة المتحرّرة لكل جزيء هواء |

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

💡 KERMA = Kinetic Energy Released per unit Mass.

**19**

**KERMA is the sum of the initial kinetic energies of all charged particles liberated by ionizing radiation per unit:**

الكيرما هي مجموع الطاقات الحركية الابتدائية لكل الجسيمات المشحونة التي يحرّرها الإشعاع المؤيِّن لكل وحدة:

| | | |
|---|---|---|
| **A** | Time of exposure | زمن التعرّض |
| **B** | Volume of air in the chamber | حجم من الهواء في الحجرة |
| **C** | Area of the detector surface | مساحة سطح الكاشف |
| **D** | Mass of the irradiated material | كتلة من المادة المعرَّضة للإشعاع |

✅ **D** **Mass of the irradiated material** **كتلة من المادة المعرَّضة للإشعاع**

💡 التعريف: لكل وحدة كتلة من المادة المعرَّضة للإشعاع، ولهذا تنتهي التسمية بـ per unit Mass.

**20** **Which quantity is expressed in Gray (Gy)?**

أي كمية يُعبَّر عنها بالغراي (Gy)؟

**A** Absorbed dose — الجرعة الممتصة

**B** Equivalent dose — الجرعة المكافئة

**C** Activity — النشاط الإشعاعي

**D** Exposure — التعرّض

✅ **A** **Absorbed dose** — **الجرعة الممتصة**

💡 الجرعة الممتصة بالغراي، والمكافئة بالسيفرت، والنشاط بالبيكريل، والتعرّض بالرونتجن.

**21** **Source X has 10,000 radioactive nuclei with $\lambda = 0.004\ s^{-1}$; source Y has 4,000 nuclei with $\lambda = 0.01\ s^{-1}$. Which source is more active?**

المصدر X فيه 10,000 نواة مشعّة وثابت تحلّله $\lambda = 0.004\ s^{-1}$، والمصدر Y فيه 4,000 نواة وثابت تحلّله $\lambda = 0.01\ s^{-1}$. أيّ المصدرين نشاطه أعلى؟

**A** X, because it has more nuclei — X، لأن عدد نواه أكبر

**B** Y, because its λ is larger — Y، لأن ثابت تحلّله أكبر

**C** Neither: both are 40 Bq — لا أحد: كلاهما 40 Bq

**D** Neither: both are 400 Bq — لا أحد: كلاهما 400 Bq

✅ **C** **Neither: both are 40 Bq** — **لا أحد: كلاهما 40 Bq**

💡 النشاط $A = \lambda \times N$: للمصدر X = 0.004 × 10,000 = 40 Bq، وللمصدر Y = 0.01 × 4,000 = 40 Bq؛ فالنشاطان متساويان، والنشاط يعتمد على حاصل الضرب لا على أحد العاملين وحده.

**22** **Two samples of the same radionuclide have the same decay constant, but sample B has half the number of radioactive nuclei of sample A. The activity of B is:**

عيّنتان من النظير المشع نفسه لهما ثابت التحلّل نفسه، لكن عدد النوى المشعّة في العيّنة B نصف عددها في العيّنة A. نشاط العيّنة B:

| | | |
|---|---|---|
| **A** | Twice the activity of A | ضعف نشاط A |
| **B** | Equal to the activity of A | يساوي نشاط A |
| **C** | Half the activity of A | نصف نشاط A |
| **D** | One quarter of the activity of A | ربع نشاط A |

✅ **C** **Half the activity of A** **نصف نشاط A**

💡 بما أن $A = \lambda N$ و$\lambda$ ثابت، فالنشاط يتناسب طردياً مع N؛ نصف عدد النوى يعني نصف النشاط.

**23** **During a long fluoroscopy-guided procedure, a 0.25 kg area of the patient's skin absorbs 0.5 J of energy. What absorbed dose did this skin receive?**

أثناء إجراء طويل بتوجيه الفلوروسكوبي، امتصّت منطقة من جلد المريض كتلتها 0.25 kg طاقة مقدارها 0.5 J. ما الجرعة الممتصّة التي تلقّاها هذا الجلد؟

| | | |
|---|---|---|
| **A** | 0.125 Gy | 0.125 Gy |
| **B** | 0.5 Gy | 0.5 Gy |
| **C** | 2 Gy | 2 Gy |
| **D** | 2 Sv | 2 Sv |

✅ **C** **2 Gy** **2 Gy**

💡 الجرعة الممتصّة = الطاقة ÷ الكتلة = 0.5 ÷ 0.25 = 2 Gy؛ J/kg ووحدتها الغراي لا السيفرت.

**24**

**A 70 kg patient receives a uniform whole-body absorbed dose of 0.01 Gy. How much energy was deposited in his body in total?**

مريض كتلته 70 kg تلقّى جرعة ممتصّة منتظمة للجسم كله مقدارها 0.01 Gy. كم طاقة أُودِعت في جسمه إجمالاً؟

**A** 0.7 J — J 0.7

**B** 7 J — J 7

**C** 0.00014 J — J 0.00014

**D** 70 J — J 70

✅ **A** 0.7 J — J 0.7

💡 بما أن 1 Gy = 1 J/kg، فالطاقة = الجرعة × الكتلة = 0.01 × 70 = 0.7 J؛ أي أن جرعة قابلة للقياس تقابل طاقة صغيرة جداً.

**25**

**A miner inhales dust containing an alpha emitter, and his lung absorbs 0.01 Gy from the alpha particles (W_R = 20). Another patient's lung absorbs 0.01 Gy from a chest X-ray examination (W_R = 1). How do the two lung equivalent doses compare?**

عامل منجم استنشق غباراً فيه مصدر لجسيمات ألفا، فامتصّت رئته 0.01 Gy من جسيمات ألفا (W_R = 20). ومريض آخر امتصّت رئته 0.01 Gy من فحص أشعة سينية للصدر (W_R = 1). كيف تقارن الجرعتان المكافئتان للرئتين؟

**A** Equal, because the absorbed dose is equal — متساويتان، لأن الجرعة الممتصّة متساوية

**B** 0.2 Sv for the miner vs 0.01 Sv for the patient — 0.2 Sv للعامل مقابل 0.01 Sv للمريض

**C** 0.01 Sv for the miner vs 0.2 Sv for the patient — 0.01 Sv للعامل مقابل 0.2 Sv للمريض

**D** 0.01 Gy for both, as Sv equals Gy — 0.01 Gy لكليهما، لأن Sv يساوي Gy

✅ **B** 0.2 Sv for the miner vs 0.01 Sv for the patient — 0.2 Sv للعامل مقابل 0.01 Sv للمريض

💡 الجرعة المكافئة H = D × W_R: لرئة العامل 0.01 × 20 = 0.2 Sv، ولرئة المريض 0.01 × 1 = 0.01 Sv؛ فالجرعة الممتصّة نفسها من ألفا داخل الجسم تعطي جرعة مكافئة أعلى بعشرين مرة.

**26** **Two organs each absorb 0.1 Gy: one from X-rays (W_R = 1) and the other from alpha particles (W_R = 20). Which statement is correct?**

عضوان يمتص كلٌّ منهما 0.1 Gy: الأول من الأشعة السينية (W_R = 1)، والثاني من جسيمات ألفا (W_R = 20). أيّ العبارات صحيحة؟

**A** Both organs have the same equivalent dose because D is the same — للعضوين الجرعة المكافئة نفسها لأن D متساوية

**B** The X-ray-exposed organ has the larger equivalent dose — العضو المعرّض للأشعة السينية جرعته المكافئة أكبر

**C** The alpha-exposed organ has the larger equivalent dose (2 Sv vs 0.1 Sv) — العضو المعرّض لألفا جرعته المكافئة أكبر (2 Sv مقابل 0.1 Sv)

**D** The alpha-exposed organ has the larger absorbed dose (2 Gy) — العضو المعرّض لألفا جرعته الممتصّة أكبر (2 Gy)

✅ **C** **The alpha-exposed organ has the larger equivalent dose (2 Sv vs 0.1 Sv)** — **العضو المعرّض لألفا جرعته المكافئة أكبر (2 Sv مقابل 0.1 Sv)**

💡 الجرعة الممتصّة واحدة (0.1 Gy)، لكن H = W_R × D: للأشعة السينية 1 × 0.1 = 0.1 Sv، ولألفا 20 × 0.1 = 2 Sv؛ لأن أنواع الإشعاع لا تُحدث التأثير نفسه.

**27** **A physicist wants to measure how much ionization an X-ray beam produces in the air of the room. Which quantity does he measure, and what is its traditional unit?**

يريد فيزيائي أن يقيس مقدار التأيين الذي تُحدثه حزمة أشعة سينية في هواء الغرفة. أيّ كمية يقيس، وما وحدتها التقليدية؟

**A** Absorbed dose, in gray (Gy) — الجرعة الممتصّة، بالغراي (Gy)

**B** Activity, in becquerel (Bq) — النشاط الإشعاعي، بالبيكريل (Bq)

**C** Equivalent dose, in sievert (Sv) — الجرعة المكافئة، بالسيفرت (Sv)

**D** Exposure, in roentgen (R) — التعرّض، بالرونتجن (R)

✅ **D** **Exposure, in roentgen (R)** — **التعرّض، بالرونتجن (R)**

💡 التعرّض يقيس عدد التأيّنات في الهواء، ووحدته التقليدية الرونتجن.

**28**

**A patient swallows a radioactive substance. The physicist wants the total equivalent dose that the thyroid alone will receive over the following years. Which quantity is this?**

ابتلع مريض مادة مشعّة. يريد الفيزيائي مجموع الجرعة المكافئة التي ستتلقاها الغدة الدرقية وحدها خلال السنوات اللاحقة. ما هذه الكمية؟

**A** Committed equivalent dose — الجرعة المكافئة الملتزَم بها

**B** Committed effective dose — الجرعة الفعّالة الملتزَم بها

**C** Exposure — التعرّض

**D** Activity — النشاط الإشعاعي

✅ **A** **Committed equivalent dose** — **الجرعة المكافئة الملتزَم بها**

💡 الجرعة لعضو واحد محدد خلال مدة بعد دخول مادة مشعّة هي الجرعة المكافئة الملتزَم بها؛ أما الفعّالة الملتزَم بها فهي مجموع كل الأعضاء مضروبة بعامل الترجيح النسيجي.

**29**

**A KERMA of 0.4 J/kg is measured in a 5 kg tissue-equivalent phantom. What is the total initial kinetic energy of the charged particles liberated in it?**

قيست كيرما مقدارها 0.4 J/kg في فانتوم مكافئ للنسيج كتلته 5 kg. ما مجموع الطاقات الحركية الابتدائية للجسيمات المشحونة المتحرّرة فيه؟

**A** 0.08 J — 0.08 J

**B** 12.5 J — 12.5 J

**C** 5.4 J — 5.4 J

**D** 2 J — 2 J

✅ **D** **2 J** — **2 J**

💡 الكيرما = مجموع الطاقات الحركية الابتدائية ÷ الكتلة، فالطاقة = 0.4 × 5 = 2 J.

## ✅ 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**