

❖ The Temporal Stages of Radiation Action

Table (2-1): Chain of Events Leading to Radiation Injury

Event	Time Scale
1. <u>Physical stage</u> : Radiation exposure	External Internal
2. <u>Initial Interaction</u> : Absorption of radiation energy Indirectly ionizing (X, γ rays, neutrons) Directly ionizing (electrons, protons, α particles)	10 <sup>-24</sup> – 10 <sup>-14</sup> sec 10 <sup>-16</sup> – 10 <sup>-14</sup> sec 10 <sup>-12</sup> – 10 <sup>-8</sup> sec
3. <u>Physico-chemical stage</u> Energy deposition and primary track ionizations	10 <sup>-7</sup> sec – min
4. <u>Chemical changes</u> Formation of free radicals, excited molecules to thermal equilibrium in irradiated medium	min – hrs
5. <u>Bio-molecular alterations</u> Interactions with bio-molecules, proteins, nucleic acids, molecules of cell membrane etc...	hrs - wks
6. <u>Early biological effects</u> Cell death, mammalian death (Acute Deterministic Effects)	years – century
7. <u>Late biological effects</u> Cancer induction, genetic effects, hereditary effects (Delayed Probabilistic Effects)	

Adopted from J.E. Coggle, *Biological Effects of Radiation*; second edition, Taylor and Francis, (1983).

القائمة (9-3) تجمل تعريف الوحدات الإشعاعية والعلاقة بينها.

القائمة (9-3). الوحدات الإشعاعية والعلاقة بينها.

تعريف الكمية الفيزيائية	الوحدة	الكمية الفيزيائية
$3.7 \times 10^{10} \text{ dis/sec}$ $1.0 \text{ dis/sec}$	الكوري Ci (البكريل Bq)	النشاط activity
الطاقة الممتصة بواسطة وحدة الكتل من الهواء الجاف عند الظروف القياسية	رونتجن R $1R = 87 \text{ erg/gm}$ $= 10^{-4} \text{ Joule/Kgm}$	جرعة التعرض exposure dose
الطاقة الممتصة بواسطة وحدة الكتل من المادة	الراد rad (Gy) $1 \text{ rad} = 100 \text{ ergs/gm}$ $\text{Gy} = 1 \text{ Joule/kg} = 100 \text{ rad}$	الجرعة المتصصة absorbed dose
$DE = D \times QF \times DF$ $DE = D \times RBE$	الرم rem (سيفرت Sievert Sv) $1 \text{ rem} = 1 \text{ rad} \times RBE$ $\text{Sv} = 1 \text{ Joule/kg}$ $= 100 \text{ rem}$	الجرعة البيولوجية المكافئة Dose Equivalent. (DE)

## LET and RBE for Radiation

Radiation	Linear Energy Transfere	Relative Biologic Effectivness
X or gamma Rays(250 KeV)	0.5	1
Beta particles 1MeV	5	1
Protons	10	10
Alpha particles	100	20

$$\text{Rem} = D (\text{rad}) \times \text{RBE}$$

Water radiolysis:

