

الفصل العاشر

Chapter Ten

العناصر المشعة في فسلجة النبات

Isotopes in Plant Physiology

مقدمة

العناصر أو النظائر المشعة هي الذرات التي تحتوي على العدد نفسه من البروتونات (نفس العدد الذري) ولكنها تختلف بعدد النيوترونات (مختلفة في الوزن الذري). ومن المعلوم ان اكثرية العناصر الطبيعية تحدث بهيئة مزيج من النظائر المختلفة فمثلا يوجد المغنيسيوم بشكل Mg^{24} و Mg^{25} و Mg^{26} بنسب ٦ و ٧٨ % و ١٠ % و ٢٩ و ١١ % على التوالي من مجموع المغنيسيوم في الطبيعة هو ٣١ و ٢٤.

أما الخواص الكيماوية للعنصر فتحدد بالعدد الذري فقط وعادة يهمل التأثير الضئيل الناتج عن اختلاف الوزن الذري للعنصر المشع.

وتعد النظائر المشعة من الوسائل المهمة جدا في الدراسات الفسيولوجية للأسباب الآتية:

- أ- حساسيتها العالية لكشف المركبات نوعاً وكماً.
- ب- قابليتها في تعقب مجرى التفاعلات الفسيولوجية.

التحلل الإشعاعي

ان كثيراً من النظائر المشعة الطبيعية والاصطناعية تكون نواتها قلقة وعادة تميل النواة القلقة إلى الاستقرار وذلك بإشعاعها إحدى الدقائق علما بان معظم الدقائق المشعة هي دقائق الفا وبيتا وكاما كما موضحة في الجدول المرقم (١٠-١).

جدول رقم (١٠-١): كيفية تحلل دقائق وانبعائها من العناصر المشعة. عن Segel, 1968.

Decay Process	Nuclear Transformation	Net Equation
Beta Particle emission	${}_0n^1 \rightarrow {}_{+1}P^1 + {}_{-1}\beta^0$	${}_{AN}I^{AW} \rightarrow {}_{AN+1}I^{AW} + {}_{-1}\beta^0$
Positron emission	${}_{-1}P^1 \rightarrow {}_0n^1 + {}_{+1}\beta^0$	${}_{AN}I^{AW} \rightarrow {}_{AN-1}I^{AW} + {}_{+1}\beta^0$
Alpha emission	Loss of ${}_{+2}He^4$ (α)	${}_{AN}I^{AW} \rightarrow {}_{AN-2}I^{AW-4} + {}_{+2}He^4$
Electron capture (EC)	${}_{+1}P^1 + {}_{-1}e^0 \rightarrow {}_0n^1$	${}_{AN}I^{AW} + e^0 \rightarrow {}_{AN-1}I^{AW} + \gamma$
Particle emission followed by isomeric transition of still unstable nucleus		${}_{AN^*}I^{AW} \rightarrow {}_{AN}I^{AW} + \gamma$

- حيث ان ${}_0n^1$ هو النيوترون العديم الشحنة ووزنه ١.
 وان ${}_{+1}P^1$ هو البروتون الموجب الشحنة ووزنه ١.
 وان ${}_{-1}\beta^0$ هي دقائق بيتا السالبة الشحنة وعديمة الوزن.
 وان $({}_{+2}He^4)$ هي دقائق الفا ذات الشحنتين الموجبتين (بروتونين) ووزنها ٤.
 وان He هي ذرة الهليوم.
 وان γ هي اشعة كاما.
 وان AN هو العدد الذري.
 وان AW هو الوزن الذري.
 وان I هي النواة المستقرة.
 وان I^* هي النواة القلقة.

مصطلح الكوري Curie Unite

وهي كمية الإشعاع التي تظهر ما مقداره 3.7×10^{10} انحلال في الثانية أو ما يسمى / إخلال (DPS) Disintegration / sec أو ما يعادل $10^{12} \times 2.22$ دقيقة (DPM).

النشاط الإشعاعي النوعي Specific Activity

وهو الانحلال بالدقيقة Disintegration / Minute لكل وحدة وزن من المادة المشعة mg or micro mole etc هذا وقد يعطى النشاط الإشعاعي النوعي وحدات عدة منها:

أ- (C / g) Curies / gram

ب- (mC / mg) millicurie / mg

ج- (mC / m mole) millicurie / millimole

د- (DPM / m mole) Disintegration / min / millimole

هـ- (CPM / micromole) Count / min / micromole

المتعقب المشع وعامل التخفيف

المتعقب المشع (العنصر المشع) قد يستخدم في تحديد كمية المادة المشعة المنفردة في المزيج وعادة تعطى كمية معلومة مسن المركب المشع الذي يعتبر المركب الأصلي Precursor إلى الخليط أو وسط التفاعل وبعد مدة يعزل المركب الناتج ويورن رغم قلته وبعد إشعاعه ثم تحسب الـ Specific Activity للمركب المعرول ومن معرفة الإشعاع البدائي فإن كمية المركب غير المشع في الخليط يمكن حسابها كالاتي:

$CPM = A_0$ للمتعقب المضاف بكمية قليلة مقارنة بكمية المركب غير المشع في المزيج.

$Mu =$ الكمية المجهولة للمركب غير المشع في المزيج.

$S. A. u = \frac{A_0}{M_u}$ وهو النشاط الإشعاعي للمركب في المزيج بعد اضافته.

$Mr =$ كمية المركب المعقب المشع المعرول من المزيج بعد حدوث التوازن مع المعقب

CPM = Ar في العينة (المركب) المعزولة.

$$S. A. r = \frac{A_r}{M_r}$$

ويمكن الملاحظة بان النسبة بين النشاط الاشعاعي إلى الكتلة (النشاط الاشعاعي النوعي) هي نفسها للخليط او بعد العزل والتنقية.

أي ان

$$S. A. u = S. A. r \quad \dots(1-10)$$

او ان

$$\frac{A_r}{M_r} = \frac{A_o}{M_u} \quad \dots(2-10)$$

وتحور المعادلة (2-10) إلى مايتاتي:

$$M_u = M_r \frac{A_o}{A_r} \quad \dots(3-10)$$

او

$$M_u = M_r \frac{A_o}{S.A_r} \quad \dots(4-10)$$

ان هذه الحسابات مبنية على افتراض ان كمية المعقب المضافة ضئيلة وتهمل مقارنة بالمركب في الخليط وهذه الحالة قد تحدث في الطبيعة لان كثير من المركبات البايولوجية تتوفر بشكل مشع وذات نشاط إشعاعي نوعي عالي.

أما إذا كانت كمية المادة المشعة عالية مقارنة بكمية المادة غير المشعة في الخليط

فتتبع الحسابات الآتية:

CPM = A_o للمعقب المضاف.

M_o = كمية المعقب المضاف.

$$S. A. o = \frac{A_o}{M}$$

Mu = كمية المركب غير المشع في الخليط.

المعقب. $S. A. u = \frac{A_0}{Mu + M_0}$ وهو النشاط الإشعاعي النوعي للمركب في الخليط او بعد اضافة

المشع. $Mr =$ هي كمية المركب النقي المعزول من الخليط بعد توازن المركب المشع وغير المشع.

$CPM = Ar$ للعينه المعزولة.

$S. A. r = \frac{Ar}{Mr}$ وهو النشاط الإشعاعي النوعي للعينه المعزولة. وكما ذكر ان النشاط

الإشعاعي النوعي للمركب هي العينه المعزولة هي نفسها للخليط. أي أن:

$$S. A. u = S. A. r$$

او ان

$$\frac{A_0}{Mu + M_0} = \frac{Ar}{Mr} \quad \dots(5-10)$$

وتحور المعادلة (5-10) إلى ما يأتي:

$$Ar Mu + Ar M_0 = A_0 Mr \quad \dots(6-10)$$

وترتب المعادلة (6-10) إلى ما يأتي:

$$Ar Mu = A_0 Mr - Ar M_0 \quad \dots(7-10)$$

او ان

$$Mu = \frac{A_0 Mr - Ar M_0}{Ar} \quad \dots(8-10)$$

(D. F.) Dilution Factor عامل التخفيف

ويعادل الآتي:

$$D. F. = \frac{\text{النشاط الإشعاعي النوعي للمادة المعطاة في البداية}}{\text{النشاط الإشعاعي النوعي للمركب المعزول}} \quad \dots(9-10)$$

ان عامل التخفيف يعبر عن علاقة المركبات المشعة المعطاة في الدراسة بالنسبه التي المركب المعزول او الذي يسبق المركب المعزول فمثلا:

A B C D

ان عامل التخفيف لتحويل **C** إلى **D** يكون قليلا بينما يكون عامل التخفيف لتحويل **A** إلى **D** كبيرا.

أي انه من المفضل إعطاء المركب **C** كمركب اصلي **Precursor** مقارنة بإعطاء المركب الأصلي **A**.

والخلاصة انه يمكن الاستنتاج بما يأتي:

١- ان للنشاط الاشعاعي النوعي للمركب المعزول اقل بكثير مما للمركب الأصلي.

٢- ان درجة نقصان النشاط الاشعاعي النوعي (عامل التخفيف) تتناسب مع كمية المركب غير المشبع في الخليط وبعبارة اخرى يكون:

$$\text{Dilution} = \frac{\text{S. A. r}}{\text{S. A. o}} = \frac{M_o}{M_o + Mu} \quad \dots(10-10)$$

نسبة الاندماج في التفاعل **(P. I) Percent Incorporation**

$$\text{P. I} = \frac{\text{CPM in Isolated Compound}}{\text{CPM in Precursor Compound}} \times 100 \quad \dots(11-10)$$

حيث ان **P. I** هي نسبة الاندماج.

قانون تحليل العناصر المشعة

ان تحليل العنصر المشع يتبع الدالة اللوغاريتمية ومن نوع **First Order**

Kinetics. أي أن

$$\frac{-dS}{dt} = KS = \text{DPM}$$

حيث ان $\frac{-ds}{dt}$ هو عدد الذرات التي تشع في وحدة الزمن وهي في تناقص مع

الزمن (معدل انبعاث الإشعاع).

وان **S** هو العدد الكلي لذرات العنصر المشع في وقت معين (التركيز الأصلي).

وان **K** هو ثابت التحلل ويختلف حسب نوعية العنصر المشع.

هذا ويمكن إعادة ترتيب المعادلة (١٠-١٢) إلى ما يلي:

$$\frac{dS}{dt} = -KS \quad \dots(12-10)$$

أو إن

$$\frac{dS}{S} = -Kdt \quad \dots(13-10)$$

وعند اخذ التكامل للمعادلة التفاضلية (١٠-١٤) من الحد الأصلي لتركيز العنصر المشع (S_0) إلى الحد المعين من تركيز العنصر المشع (S_t) ومن الوقت الأصلي أو البدائي للإشعاع ($t = 0$) إلى الوقت المعين t يحدث الآتي:

$$\int_{S_0}^{S_t} \frac{dS}{S} = -K \int_0^t dt \quad \dots(14-10)$$

أي إن

$$\ln \frac{S_t}{S_0} = -Kt \quad \dots(15-10)$$

$$\ln \frac{S_0}{S_t} = Kt \quad \dots(16-10)$$

أو إن

$$2.3 \log \frac{S_0}{S_t} = Kt \quad \dots(17-10)$$

أو إن

$$\log \frac{S_0}{S_t} = \frac{Kt}{2.3} \quad \dots(18-10)$$

حيث إن S_t هو تركيز المادة المشعة بعد مرور الوقت t ويمكن إيضاح ذلك بشكل المعادلة اللوغاريتمية كالتالي:

$$S_t = S_0 e^{-kt} \quad \dots(19-10)$$

نصف عمر المادة المشعة ($T_{\frac{1}{2}}$)

وهو الوقت اللازم لتحلل نصف المادة المشعة. وعند استخدام المعادلة (١٠-١٩) وافترض أن نسبة للتركيز البدائي هي ١٠٠% ونسبة تركيز المادة المشعة بعد مرور نصف

العمر $T_{\frac{1}{2}}$ هي ٥٠% لذلك يكون:

$$\dots(21-10) \log \frac{100}{50} = \frac{K T_{\frac{1}{2}}}{2.3}$$

لو ان

$$\log 2 = \frac{K T_{\frac{1}{2}}}{2.3} \dots(22-10)$$

أو ان

$$0.301 = \frac{K T_{\frac{1}{2}}}{2.3} \dots(23-10)$$

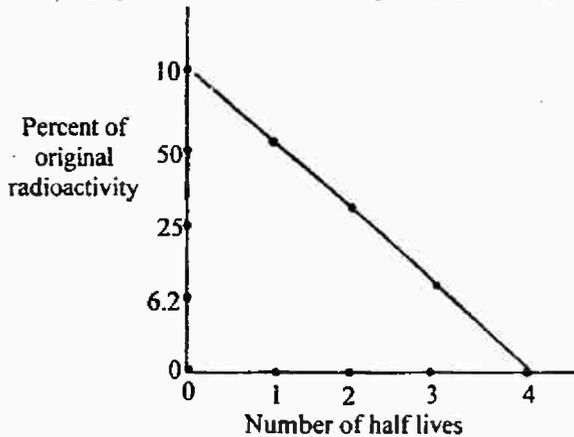
أو ان

$$K T_{\frac{1}{2}} = 0.693 \dots(24-10)$$

لو ان

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{K} \dots(25-10)$$

ان كمية الإشعاع الباقي في العينة يمكن تحديدها من عمل منحنى **Semilog Plot** الموضح في الشكل المرقم (١-١٠). كما ان الجدول المرقم (٢-١٠) يوضح بعض العناصر المشعة المهمة في البحوث الفسيولوجية وأنصاف أعمار هذه العناصر ونوعية الإشعاع.



شكل رقم (١-١٠) تحلل العنصر

جدول رقم (١٠-٢): تصانف اعمار بعض العناصر المشعة ونوعية الاشعاع. عن: Segel, 1968:

Isotope	Half - life	Decay Energy (MeV)	
		Bate	Gamma
Calcium - 45	163 days	0.254	
Carbon - 14	5700 yr	0.154	
Cesium - 137	33 yr	0.52	
		0.032	
		1.18	
		0.662	
Chlorine - 36	4.4 × 10 ⁵ yr	0.714	
Chromium - 51	27.8 days	0.267	
		0.32	
Cobalt - 60	5.3 yr	0.31	
		1.17	
		1.33	
Gold - 198	2.69 days	0.290	
		0.411	
		0.97	
		0.676	
		1.38	
		1.087	
Hydrogen - 3	12.3 yr	0.0179	
Iodine - 131	8.1 days	0.250	
		0.80	
		0.31	
		0.284	
		0.608	
		0.364	
		0.638	
Iron - 55	2.9 yr		K- capture: 0.231
Iron - 59	45.1 days	0.29	
		0.19	
		0.46	
		1.10	
		1.56	
		1.29	
Lead - 210	25 yr	0.018	
		0.047	
		0.29	
Manganese - 54	314 days	1.0	
		0.84	
Molybdenum - 99	66 hr	< 0.2	
		0.04	
		0.445	
		0.367	
		1.23	
		0.740	
		0.780	
Nicket - 63	85 yr	0.063	
Phosphorus - 32	14.3 days	1.718	
Potassium - 42	12.4 hr	1.98	
		1.51	
		3.58	
Rubidium - 86	18.7 days	1.82	
		1.08	
		0.72	
Selenium - 75	128 days	0.025, 0.066,	

		0.081, 0.097, 0.121, 0.136, 0.199, 0.265 0.280, 0.305
Sodium - 22	2.6 yr	0.402 0.58 0.510 1.8 1.28
Sodium - 24	15.06 hr	1.390 1.38 2.758
Strontium - 90	28 yr	0.54
Sulfur - 35	87.1 days	0.167
Technetium - 99	2.1×10^5 yr	0.293
Zinc - 65	245 days	0.201 1.11
Zirconium - 95	65 days	0.84 0.72 0.371

تحليل مشتقات المادة المشعة

يمكن تحديد كمية المركب المجهول غير المشع في الخليط حتى بعدم توفر المركب المشع إذا كان بالإمكان تحضير وعزل مركب مشتق وذلك بتفاعل الخليط مع كاشف مشع معلوم النشاط الإشعاعي النوعي. فالمركب المطلوب معرفته سوف يتحول إلى مشتق له النشاط الإشعاعي النوعي نفسه وان كمية المشتق في المزيج يمكن تحديد كميتها بالحسابات المارة الذكر.

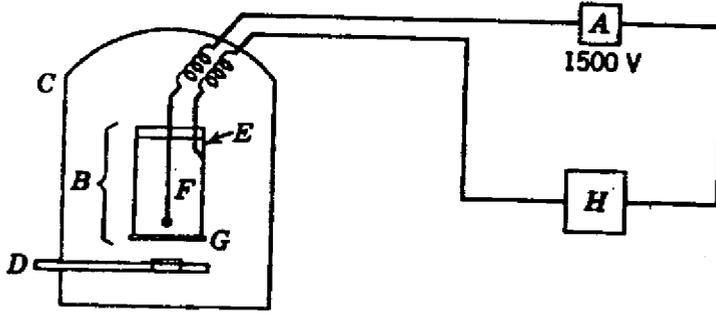
ان عدد مولات المشتق المشع في المزيج (μ) قبل اضافة الحامل المشتق (M_0) تساوي عدد مولات المركب المطلوب معرفته في المزيج.

قياس النظائر المشعة

من تجارب المعقات المشعة يمكن حساب كمية الاشعاع بوسيلتين هما:

١- جهاز Geiger Counter

يتكون من غرفة (او انبوب) مغطى سطحها لسفلي بقطب سالب (شكل رقم ١٠-٢).



شكل رقم (١٠): رسم تخطيطي لجهاز عداد كايكر Geiger Counter

A مصدر الطاقة الكهربائية.

B انبوبة الجهاز.

C غطاء رصاصي.

D حامله النموذج.

E القطب السالب.

F القطب الموجب.

وفي داخل الغرفة يوجد القطب الموجب بشكل السلك. والانبوب يملأ بغاز الهليوم او الاركون او مركب عضوي يمتص الومضات. اما النهاية المفتوحة للانبوب فتكون مغطلة بغشاء رقيق من المايكا او البلاستيك الاصطناعي وتوضع المادة المشعة اسفل هذا الغشاء.

فالدقائق المشعة تدخل انبوب العداد وتأيّن جزيئات الغاز إلى أيونات موجبة وسيل من الالكترونات. وعند وضع جهد كهربائي بين القطبين فان الأيونات الموجبة تسير إلى القطب السالب والالكترونات تسير نحو القطب الموجب. وعندما يحدث الجريان بوساطة جزيئات الغاز فإن جزيئات اخرى من الغاز تتأين مولدة نوعا من الومضة التي يمكن قياسها بالعداد هذا وتوجد بعض الصعوبات التي تجعل القياس غير صحيح منها:

أ- ظاهرة الخلفية (Background). وهو ما يقيسه العداد بغيااب اية مادة مشعة ويجب طرح الـ Background يرجع إلى الأشعة الكونية او التلوثات الذرية.

ب- الامتصاص الذاتي Self Absorption

وهو امتصاص الاشعاع الضعيف (المنبعث من C^{14} أو H^3 من قبل كتلة المادة المشعة نفسها. ان كمية الامتصاص الذاتي تعتمد على سمك العينة المقاسة ويمكن تصحيح ذلك بوضع العينة بصورة خفيفة جدا.

ج- الوضع الهندسي Geomety

ان وضع العينة بصورة غير صحيحة في حاملة العينة يؤدي إلى حدوث بعض الصعوبات في الحصول على القراءة الصحيحة.

د- Coincidence Correction

وتحدث عند كون الانحلال / الدقيقة عالياً جداً لدرجة لا يستطيع العداد من حساب الومضات الكهربائية وبالنتيجة فإن عدد الومضات (Counts) المسجلة تكون اقل من الحقيقة دون حدوث صعوبة تذكر.

٢- جهاز عداد وميض السائل Liquid Scintillation Counter

وهو جهاز فيه تذاب المادة المشعة في محلول حاوي على مذيب عضوي ومادة متفلورة (Fluorescent) وتسمى Fluors.

ان طاقة دقائق بيتا β Particles يمتصها المذيب ويحولها إلى الـ Fluors والذي بدور، يحولها إلى ومضات ضوئية تتناسب مع تركيز المادة المشعة. ان هذه الومضات تعد بواسطة خلية ضوئية Photomultiplier Cell التي تسجلها كعدد من الومضات بالدقيقة.

هذا وان فوائد عداد وميض السائل Liquid Scintillation Counter هي:

أ- امكانية الحساب والعد بكفاءة للمواد المشعة الضعيفة مثل H^3 or Tritium

ب- امكانية التمييز في آن واحد بين مادتين مشعتين او اكثر تختلفان في النشاط الاشعاعي.

ج- تحضير العينة بصورة بسيطة غير معقدة اما مساوي هذه الطريقة فهي:

أ- تكاليف الاجهزة العالية.

- ب- الصعوبات المتعلقة بإذابة المركبات العالية اللطبية في المذيب غير القطبي.
- ج- الصعوبات المتعلقة في عد العينات التي تسبب اطفاء او تقليل العد او ما يسمى انطفاء **Quenching** بسبب وجود الالوان او الصبغات في العينة.

النظائر المستقرة **Stable Isotopes**

وهي نظائر غير مشعة وان بعضها قد يحتوي على عدد اكثر من النيوترونات مقارنة بالنظير العادي وقد يسمى هذا النظير بالنظير الثقيل **Heavy Isotopes** ومن النظائر الثقيلة هي:

$.H^2$	أ- الديوتريوم
$.N^{15}$	ب- النتروجين
$.O^{18}$	ج- الاوكسجين
$.O^{17}$	د- الاوكسجين
$.C^{13}$	هـ- الكربون
$.S^{34}$	و- الكبريت
$.Ca^{44}$	ز- الكالسيوم
$.Fe^{54}$	ح- الحديد
$.Fe^{57}$	ط- الحديد
$.Zn^{66}$	ي- الزنك
$.Zn^{68}$	ك- الزنك

ان هذه العناصر تستعمل في البحوث الفسيولوجية فمثلا عندما يدخل الهيدروجين الثقيل في الماء يكون الماء الثقيل كما يدخل النتروجين N^{15} في الاحماض النووية... الخ.

وتقاس العناصر الثقيلة كميأ بواسطة جهاز مطياف الكتلة **Mass Spectrometer** وكذلك معامل الانكسار **Refractive Index** والكثافة وغيرها.

مصطلح نسبة زيادة الذرات **Atom Percent Excess**

وهو تركيز العنصر المستقر بالنسبة إلى مجموع نظائره.

مثال (١-١٠)

الكالسيوم Ca^{45} المشع يمتلك نصف عمر $T_{1/2}$ بقدر 163 يوماً.
احسب ما يأتي:

أ- ثابت التحلل بوحدة day^{-1} أو sec^{-1} .

ب- نسبة المادة المتبقية بعد مرور 90 يوماً.

الحل

$$K = \frac{0.693}{T_{1/2}}$$

$$K = \frac{0.693}{163} = 4.26 \times 10^{-3} \text{ day}^{-1}$$

$$K = \frac{4.26 \times 10^{-3}}{24 \times 60 \times 60} = 4.92 \times 10^{-8} \text{ sec}^{-1}$$

ب- نفرض ان نسبة التركيز البدائي S_0 يعادل 100 % فتكون نسبة التركيز بعد مرور 90 يوماً هي S_t .

$$\log \frac{S_0}{S_t} = \frac{Kt}{2.3}$$

$$\log \frac{100}{S_t} = \frac{(4.26 \times 10^{-3})(90)}{(2.3)}$$

$$\log 100 - \log S_t = 0.167$$

$$2 - \log S_t = 0.167$$

$$2 - 0.167 = \log S_t$$

$$\log S_t = 1.833$$

$$S_t = \text{antilog } 1.833$$

$$S_t = 68.1 \%$$

مثال (٢-١٠)

الكربون المشع C^{14} يمتلك نصف عمر قدره 5700 سنة.
احسب ما يأتي:

- أ- نسبة الكاربون C^{14} التي تتحلل سنوياً.
 ب- النشاط الإشعاعي النوعي لـ C^{14} بوحدة DPM / g أو $Curie / g$ أو $Curie / atom$.

الحل

أ- نحسب قيمة K كالآتي:

$$K = \frac{0.693}{T_1} = \frac{0.693}{5700}$$

$$K = 1.215 \times 10^{-4} \text{ year}^{-1}$$

$$\frac{dS}{S} = K dt$$

$$\frac{dS}{S} = (1.215 \times 10^{-4}) (1)$$

$$\frac{dS}{S} = 1.215 \times 10^{-4}$$

أي ان ذرة واحدة من $\frac{1}{1.215 \times 10^{-4}}$ ذرة تتحلل كل سنة او ان ذرة واحدة من 8.23×10^3 ذرات موجودة في البداية تتحلل كل سنة.

$$K = \frac{1.215 \times 10^{-4}}{365 \times 24 \times 60} = 2.32 \times 10^{-10} \text{ min}^{-1} \quad \text{ب-}$$

$$DPM = -\frac{dS}{dt} KS$$

حيث ان S هو عدد الذرات في الغرام الواحد من C^{14} .

$$1 \text{ g } C^{14} = \frac{1}{14 \text{ g / g - atom}}$$

$$1 \text{ g } C^{14} = 0.07149 \text{ g - atom}$$

$$S = 0.0714 \times 6.02 \times 10^{23} \text{ atom / g - atom}$$

$$S = 4.3 \times 10^{22} \text{ atoms}$$

$$DPM = 2.32 \times 10^{-10} \times 43 \times 10^{22} \text{ atoms}$$

$$\text{Specific Activity} = 9.99 \times 10^{12} \text{ DPM / g}$$

أو

$$\frac{9.99 \times 10^{12}}{2.22 \times 10^{12} \text{ (DPM / curie)}} = 4.45 \text{ Curie / g}$$

أو

$$4.45 \text{ (Curie / g)} \times 14 \text{ (g / g - atom)} = 62.4 \text{ Curie / g - atom}$$

مثال (١٠-٣)

الكربون المشع C^{14} يتكون بصورة مستمرة في طبقات الجو العليا وذلك بقصف N^{14} بالنيوترونات القادمة من الأشعة الكونية **Cosmic Rays** وذلك بالتفاعل الآتي:



ولهذا فإن كل المركبات الكونية الموجودة في الأرض حاوية على C^{14} ويتحلل ليعطي 14 **DPM / g Carbon** بعد موت الأحياء المجهرية فإن C^{14} يتحلل بنصف عمر قدره 5700 سنة.

احسب ما يأتي:

أ- وفرة الكربون C^{14} بالنسبة للكربون الكلي المشترك في دورة الكربون على سطح الأرض.

ب- عمر العينة الباثولوجية الحاوية على مقدار قدره **3 DPM / g Carbon** علماً بأن K للكربون هو $2.32 \times 10^{-9} \text{ min}^{-1}$.

الحل

أ-

$$\frac{\text{DPM}}{\text{g}} = \text{Specific Activity} = \frac{-dS}{dT} = KS$$

$$14 = 2.32 \times 10^{-9} \times S$$

$$S = \frac{14}{2.32 \times 10^{-9}} = 6.03 \times 10^9 \text{ atom } C^{14} / \text{g Carbon}$$

الغرام الواحد من الكربون يتوي على مايتي:
الوزن الجزيئي (غرام) عدد الذرات

$$\frac{6.02 \times 10^{23}}{12}$$

$$\times 1$$

$$x = 60.2 \times 10^{23} \times \frac{1}{12} = 0.5 \times 10^{23} \text{ total atoms of C}$$

∴ وفرة C^{14} ستكون:

$$\frac{6.03 \times 10^9 \text{ atom of } C^{14}}{0.5 \times 10^{23} \text{ total atoms of } C^{14}} \times 100 = 1.2 \times 10^{-11} \%$$

ب-

$$\log \frac{S_o}{S_t} = \frac{Kt}{2.3}$$

$$\log \frac{14}{3} = \frac{(1.215 \times 10^{-4}) (t)}{2.3}$$

علماً بأن $K = 1.215 \times 10^{-4} \text{ year}^{-1}$

$$\text{Log } 4.67 = \frac{(1.215 \times 10^{-4}) (t)}{2.3}$$

$$(2.3) (0.668) = (1.215 \times 10^{-4}) (t)$$

$$t = \frac{2.3 \times 0.668}{1.215 \times 10^{-4}} = 12650 \text{ year}$$

مثال (١٠-٤)

احسب عدد الذرات المشعة والوزن بالغرامات للفسفور في Curie واحد من p^{32} علماً بأن نصف عمر p^{32} هو 14.3 يوماً.

الحل

الكيوري (Curie) الواحد يحتوي على $10^{12} \text{ DPM} \times 2.22$ ثم نحسب قيمة K

بوحدة Min^{-1} .

$$K = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{14.3 \times 24 \times 60}$$

$$K = 3.37 \times 10^{-5} \text{ Min}^{-1}$$

$$\text{DPM} = \frac{-dS}{dt} = KS$$

$$2.22 \times 10^{12} = 3.37 \times 10^{-5} \times S$$

$$S = \frac{2.22 \times 10^{12}}{3.37 \times 10^{-5}} = 6.6 \times 10^{16} \text{ Atoms / Curie}$$

اما حساب الوزن فكالآتي:

عدد الذرات	الوزن الجزيئي للفسفور
6.02×10^{23}	32
6.6×10^{16}	x

$$x = \frac{32 \times 6.6 \times 10^{16}}{6.02 \times 10^{23}} = 3.51 \times 10^{-6} \text{ gram}$$

مثال (١٠-٥)

البوتاسيوم المشع K^{40} يمتلك نصف عمر قدره $1.3 \times 10^{10} \text{ year}$ ويكون مانسبته 0.012% من البوتاسيوم الكلي في الطبيعة. وان جسم الانسان يحتوي على نسبة 0.35% بوتاسيوم بالوزن. احسب الاشعاع الكلي من نحلل K^{40} في 75 كغم من جسم الانسان.

الحل

$$\begin{aligned} \text{Total } K^{40} &= 0.012\% \times 0.35\% \times 75 \times 10^3 \text{ gram} \\ &= 3.15 \times 10^{-2} \text{ gram} \end{aligned}$$

اما حساب عدد ذرات البوتاسيوم K^{40} فهو كالآتي:

عدد الذرات	الوزن الجزيئي
6.02×10^{23}	40
(atom / g - atom)	(g - g - atom)
x	3.15×10^{-2}
$x = \frac{3.15 \times 10^{-2} \times 6.02 \times 10^{23}}{40}$	
$x = 4.75 \times 10^{20}$ atoms	
$K = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}}$	
$K = \frac{0.693}{1.3 \times 10^{10} \times 365 \times 24 \times 60}$	
$K = 1.014 \times 10^{-15} \text{ Min}^{-1}$	
$\text{DPM} = \frac{-dS}{dt} = K S$	
$\text{DPM} = (1.014 \times 10^{-15}) (4.75 \times 10^{20})$	
$\text{DPM} = 4.82 \times 10^5$	
$\frac{\text{DPM}}{\text{DPM} / \mu\text{C}} = \frac{4.82 \times 10^5}{\frac{222 \times 10^{12}}{10^6}} = 0.127 \mu\text{C}$	

مثال (١٠-١)

قنبلة تحتوي على 1 millicurie (m C) من C^{14} - Phenylalanine - L في 2 سم³ من المحلول وان النشاط الإشعاعي النوعي للحامض الأميني المشع يعادل 150 m C / mole احسب ما يأتي:

أ- تركيز الـ L - Phenylalanine في المحلول.

ب- نشاط المحلول بوحدة CPM / ml عندما تكون كفاءة العد 80 %.

الحل

أ- إذا كان $m \text{ mole}$ يكون 150 m C فنحسب عدد الـ $m \text{ mole}$ المكافئة لـ $m \text{ C}$ واحد.

$$\frac{1 \text{ m mole}}{150} = 0.00667 \text{ m mole / mC}$$

نحسب التركيز

$$\frac{0.00667}{2} = 3.335 \times 10^{-3} \text{ m mole / ml}$$

$$1 \text{ Curie} = 2.22 \times 10^{12} \text{ DPM}$$

$$1 \text{ m C} = \frac{2.22 \times 10^{12}}{1000} = 2.22 \times 10^9 \text{ DPM}$$

$$\begin{aligned} \text{Total Activity} &= 0.80 \times 2.22 \times 10^9 \\ &= 1.775 \times 10^9 \text{ CPM in 2.0 ml} \end{aligned}$$

$$\text{Activity / ml} = \frac{1.775 \times 10^9}{2} = 8.88 \times 10^8 \text{ CPM / ml}$$

مثال (١٠-٧)

محلول الـ C^{14} - Glutamate يحتوي على $(1.0) \text{ m C}$ و $(0.25) \text{ ملغم}$ من Glutamate لكل 1 سم^3 . احسب ما يأتي:

أ- النشاط الإشعاعي النوعي بوحدة mC / mg .

ب- النشاط الإشعاعي النوعي بوحدة mC / m mole .

ج- النشاط الإشعاعي النوعي بوحدة DPM / u mole .

د- النشاط الإشعاعي النوعي بوحدة CPM / u mole للكربون عندما تكون كفاءة

العداد 70% .

الحل

$$\text{S. A.} = \frac{1.0 \text{ mC}}{0.25 \text{ mg}} = 4.0 \text{ mC / mg}$$

أ-

$$S. A. = 4.0 \text{ mC / mg} \times 147.1 \text{ mg / m mole} \quad \text{ب-}$$

$$= 588 \text{ mC / m mole}$$

$$S. A. = \frac{588 \text{ mC}}{1 \text{ m mole}} = \frac{588 \text{ mC}}{1000 \text{ u mole}} \quad \text{ج-}$$

$$= 0.588 \text{ mC / u mole}$$

$$S. A. = 0.588 \text{ mC / u mole} \times 2.22 \times 10^9$$

$$S. A. = 1.305 \times 10^9 \text{ DPM / u mole}$$

د- 1 مايكرومول Glutamate يحتوي على 5 مايكرومول من الكربون

$$S. A. = \frac{1.305 \times 10^9}{5} = 0.261 \times 10^9 \text{ DPM / u mole carbon}$$

وبكفاءة 70 % يكون:

$$S. A. = \frac{70}{100} \times 0.261 \times 10^9 = 1.83 \times 10^8 \text{ CPM / u mole}$$

carbon.

مثال (١٠-٨)

حضر 100 سم³ بتركيز 10^{-2} M من $\text{L - Methionine - S}^{35}$ بحيث يكون النشاط

الاشعاعي النوعي للحامض الاميني (S. A.) يعادل $1.5 \times 10^5 \text{ DPM / u mole}$

وافرض انك تمتلك 0.1 M من الحامض الاميني غير المشع وكذلك محلول

اصلى (Stock) من $\text{L - Methionine - S}^{35}$ من 30 m C / m mole و 1 m C /

(ml).

الحل

نحسب اولاً الاشعاع المطلوب

$$10^{-2} \text{ M} = 10 \text{ u mole / ml}$$

$$10 \text{ u mole / ml} \times 100 \text{ ml} = 1000 \text{ u mole}$$

$$1000 \text{ u mole} \times 1.5 \times 10^5 \text{ DPM / u mole} = 1.5 \times 10^8 \text{ DPM}$$

نحسب الاشعاع في المحلول (Stock) والذي يوفر لنا 1.5×10^8 .

$$1 \text{ m C / ml} \times 2.22 \times 10^9 \text{ DPM / m C} = 2.22 \times 10^9 \text{ DPM / ml}$$

$$\frac{1.5 \times 10^8 \text{ DPM}}{2.22 \times 10^9 \text{ DPM / ml}} = 0.675 \times 10^{-1} \text{ ml}$$

$$= 67.5 \text{ ul}$$

$$\frac{1 \text{ m mole}}{30 \text{ m C}} = 0.0333 \text{ m mole / m C}$$

وبسبب ان المحلول الاصلي يحتوي 1 m C / ml فيكون التركيز:

$$0.0333 \text{ m mole / ml} = 33.3 \text{ u mole / ml}$$

$$0.0675 \text{ ml} \times 33.3 \text{ u mole / ml} = 2.25 \text{ u mole}$$

ان هذه الكمية (2.25 u mole) قليلة أي تأخذ 675 u من الحامض الاميني المشع و 10.0 ml من (0.1 M) (1000 u mole) من الحامض الاميني غير المشع وكمية كافية من الماء المقطر ليكون الحجم النهائي 100 سم^3 او قد يؤخذ بصورة ادق 9.978 سم^3 من الحامض الاميني غير المشع والتركيز 1000 مايكرومول كالاتي:

997.75 مايكرومول من الحامض الاميني غير المشع.

2.25 مايكرومول من الحامض الاميني المشع وهي قليلة.

الأسئلة

(١-١٠) عنصر مشع يمتلك نصف قدره 4 سنوات أحسب ما يأتي:

أ- ثابت التحلل k بوحدة $year^{-1}$ و day^{-1} و hr^{-1} و sec^{-1} .

ب- الجزء المتبقي من الاصل بعد 13 شهراً.

(٢-١٠) اليود I^{131} يمتلك نصف عمر قدره 8 أيام أحسب ما يأتي:

أ- الجزء المتبقي من ذرات اليود التي تتحلل باليوم وبال دقيقة.

ب- النشاط الإشعاعي النوعي S. A. لغرام واحد من اليوم I^{131} بوحدة Curie / g

وبوحدة DPM / g ووحدة Curie / g - atom.

(٣-١٠) ماهو النشاط الإشعاعي النوعي (S. A.) بوحدة (m C / m mole) عند

تحضير $Glucose - 6 - p^{32}$ علماً بأن النشاط الإشعاعي النوعي S. A. يقدر 2×10^6

DPM / u mole.

(٤-١٠) احسب الوزن بالغرارات للكالسيوم في mC واحد من Ca^{45} علماً بأن نصف عمر

الكالسيوم Ca^{45} هو 163 يوماً.

(٥-١٠) قنينة من $Serine - C^{14}$ تحتوي على 2.0 m C في 3.5 سم³ من المحلول وان الـ S.A.

يعادل 160 m C / m mole احسب ما يأتي:

أ- تركيز الـ Serine في المحلول.

ب- النشاط في المحلول بوحدة CPM / ml وكفاءة الإشعاع او العد % 68.

(٦-١٠) محلول $Lysine - C^{14}$ يحتوي على 1.2 m C و 0.77 gm من الـ Lysine لكل سم³.

احسب الـ S.A. للـ Lysine بوحدة

أ- m C / gm

ب- m C / m mole

ج- DPM / u mole

د- CPM / u mole

وان كفاءة العد هي 80 %.

(٧-١٠) حضر 75 سم³ من محلول $S^{35} Hydrochloride (10^{-2}M)$ - Cysteine - L بحيث

يحتوي الحامض الاميني على نشاط اشعاعي نوعي S.A. يقدر بـ 3.92×10^4 DPM

u mole / افتراض أنك تمتلك الحامض الاميني كحالة غير مشعة ومحلول

اصلي Stock للحامض الاميني المشع 1.2 mC / ml and 14 mC / m mole .

(١٠-٨) حضر 50 سم^3 من 10^{-3} M من مادة Glucose - C14 بحيث تكون S. A للسكر

3000 DPM/ u mole افتراض أنك تمتلك 10^{-2} من محلول اصلي (Stock) يحنوي

على 0.02 u C / ml وكلكوز بحالة صلبة.

(١٠-٩) عنصر الراديوم Ra المشع ذو الوزن الذري 209 يمتلك نصف عمر قدره 31 دقيقة.

أحسب قيمة k بوحدة min^{-1} .

(١٠-١٠) عنصر الثوريوم المشع Th^{232} يمتلك نصف عمر ن قدره 1.39×10^{10} سنة. أحسب

الوقت اللازم لنقصان غرام واحد منه إلى مايكروغول واحد.

(١٠-١١) لن نصف عمر الراديوم Ra_{226} هو 1620 سنة. احسب قيمة K بوحدة year^{-1} .

احسب عدد الذرات الباقية بعد 1000 سنة.

(١٠-١٢) عنصر مشع نسبة المادة المتبقية منه بعد مرور 100 سنة هي 80%. احسب

نسبة المادة المتبقية من العنصر المشع بعد مرور 1500 سنة واحسب عدد السنين

لنفاذ 50% من المادة المشعة.

(١٠-١٣) ان تركيز احد العناصر المشعة قيس كالاتي:

تركيز العنصر المشع m mole	الوقت (ساعة)
50	0
40	1
30	2

(١) احسب نصف عمر العنصر المشع.

(٢) افرض ان تركيز العنصر المشع الاصلي هو مول واحد فما هو عدد الساعات

لاشعاع 95% من العنصر المشع.