الفصل العاشر

Chapter Ten

العناصر المشعة في فسلجة النبات

Isotopes in Plant Physiology

obeikandl.com

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} وMg^{25} وMg^{26} بنسب ٦و ٧٨ % و١٠ % و٢٩ و١١ % على التوالي من مجموع المغنيسيوم في الطبيعية هو ٣١ و٢٤.

أما الخواص الكيمياوية 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 للاسباب الآتية:

أ- حساسيتها العالية لكشف المركبات نوعاً وكماً.

ب- قابليتها في تعقب مجرى التفاعلات الفسيولوجية.

التحلل الاشعاعي

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 الدقائق وانبعاثها من العناصر المشعة. عن **Segel, 1968**.

Decay Process	Nuclear Transformation	Net Equation
Beta Particle emission	${}_0n^1 \rightarrow {}_{+1}P^1 + {}_{-1}\beta^0$	${}_{AN}I^{AW} \rightarrow {}_{AN+1}I^{AW} + {}_{-I}\beta^0$
Positron Particle emission	${}_{-1}P^1 \rightarrow {}_0n^1 + {}_{+1}\beta^0$	${}_{AN}I^{AW} \rightarrow {}_{AN-I}I^{AW} + {}_{+I}\beta^0$
Alpha Particle emission	Loss of ${}_{+2}He^4$ (α)	${}_{AN}I^{AW} \rightarrow {}_{AN-2}I^{AW-4} + {}_{+2}He^4$
Electron capture (EC)	${}_{+1}P^1 + {}_{-1}e^0 \rightarrow {}_0n^1$	${}_{AN}I^{AW} + {}_Ie^0 \rightarrow {}_{AN-1}I^{AW} + \gamma$
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 ${}^1P^1$ +1 هو البروتون الموجب الشحنة ووزنه ١.

وان ${}^0\beta^1$- هي دقائق بيتا السالبة الشحنة وعديمة الوزن.

وان (${}^4H^2{}_e$+2) هي دقائق الفا ذات الشحنتين الموجبتين (بروتونين) ووزنها ٤.

وان He هي ذرة الهليوم.

وان γ هي أشعة كاما.

وان AN هو العدد الذري.

وان AW هو الوزن الذري.

وان I هي النواة المستقرة.

وان I* هي النواة القلقة.

مصطلح الكيوري Curie Unite

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

النشاط الاشعاعي النوعي Specific Activity

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

أ- **(C / g) Curies / gram**.

ب- **(mC / mg) millicurie / mg**.

جـ- **(mC / m mole) millicurie / millimole**.

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

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

المتعقب المشع وعامل التخفيف

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

A_o = **CPM** للمعقب المضاف بكمية قليلة مقارنة بكمية المركب غير المشع في المزيج.

Mu = الكمية المجهولة للمركب غير المشع في المزيج.

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

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

obeikandl.com

Ar = **C P M** في العينة (المركب) المعزولة.

$\frac{A_r}{M_r}$ = **S. A. r** النشاط الاشعاعي النوعي للمركب المعزول.

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

أي ان

S. A. u = S. A. r ....(١٠-١)

او ان

$$\frac{Ar}{Mr} = \frac{A_o}{Mu} \quad .....(١٠-٢)$$

وتحور المعادلة (١٠-٢) إلى مايأتي:

$$\mathbf{Mu} = \mathbf{Mr}\ \frac{A_o}{Ar} \quad .....(١٠-٣)$$

او

$$\mathbf{Mu} = \mathbf{Mr}\ \frac{A_o}{S.Ar} \quad .....(١٠-٤)$$

ان هذه الحسابات مبنية على افتراض ان كمية المعقب المضافـــة ضئيلـــة وتـــهمل مقارنة بالمركب في الخليط وهذه الحالة قد تحدث في الطبيعة لان كثير مـــن المركبـــات البايولوجية تتوفر بشكل مشع وذات نشاط إشعاعي نوعي عالي.

أما إذا كانت كمية المادة المشعة عالية مقارنة بكمية المادة غير المشعة في الخليـــط فتتبع الحسابات الآتية:

A_o = **CPM** للمعقب المضاف.

M_o = كمية المعقب المضاف.

$\frac{A_o}{M}$ = **S. A. o** او النشاط الاشعاعي النوعي للمعقب المضاف.

Mu = هي كمية المركب غير المشع في الخليط.

$\frac{A_o}{Mu + M_o}$ = **S. A. u** وهو النشاط الاشعاعي النوعي للمركب في الخليط او بعد اضافة المعقب.

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

Ar = **CPM** للعينة المعزولة.

$\frac{Ar}{Mr}$ = **S. A. r** وهو النشاط الاشعاعي النوعي للعينة المعزولة. وكما ذكر ان النشاط الاشعاعي النوعي للمركب مي العينة المعزولة هي نفسها للخليط. أي أن:

S. A. u = S. A. r

او ان

$$\frac{A_o}{Mu + M_o} = \frac{Ar}{Mr} \qquad \text{.....(١٠-٥)}$$

وتحور المعادلة (١٠-٥) إلى ما يأتي:

$$\mathbf{Ar\ Mu + Ar\ M_o = A_o\ Mr} \qquad \text{....(١٠-٦)}$$

وترتب المعادلة (١٠-٦) إلى ما يأتي:

$$\mathbf{Ar\ Mu = A_o\ Mr - Ar\ M_o} \qquad \text{....(١٠-٧)}$$

او ان

$$Mu = \frac{A_o Mr - Ar M_o}{Ar} \qquad \text{....(١٠-٨)}$$

عامل التخفيف (D. F.) Dilution Factor

ويعادل الآتي:

$$\mathbf{D.\ F.} = \frac{\text{النشاط الاشعاعي النوعي للمادة المعطاة في البداية}}{\text{النشاط الاشعاعي النوعي للمركب المعزول}} \qquad \text{..(١٠-٩)}$$

ان عامل التخفيف يعبر عن علاقة المركبات المشعة المعطاة في الدراسة بالنسبة الى 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 النشاط 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:

$$\text{Dilution} = \frac{\text{S.A.r}}{\text{S.A.o}} = \frac{M_o}{M_o + Mu} \qquad .....(١٠-١٠)$$

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

$$P.I = \frac{\text{CPM in Isolated Compound}}{\text{CPM in Precursor Compound}} \times 100 \qquad ..(١٠-١١)$$

حيث ان **P. I** هي نسبة الاندماج.

قانون تحلل العناصر المشعة

ان تحلل العنصر المشع يتبع الدالة اللوغاريتمية ومن نوع الـ **First Order Kinetics**. أي أن

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

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 يأي:

$$\frac{dS}{dt} = -KS \qquad \ldots.(١٠-١٣)$$

او ان

$$\frac{dS}{S} = -Kdt \qquad \ldots..(١٠-١٤)$$

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

$$\int_{S_o}^{S_t} \frac{dS}{S} = -K \int_{=0} dt \qquad \ldots.(١٠-١٥)$$

أي ان

$$\ln \frac{S_T}{S_o} = -Kt \qquad \ldots..(١٠-١٦)$$

$$\ln \frac{S_o}{S_t} = Kt \qquad \ldots.(١٠-١٧)$$

او ان

$$2.3 \log \frac{S_o}{S_t} = Kt \qquad \ldots.(١٠-١٨)$$

أو ان

$$\log \frac{S_o}{S_t} = \frac{Kt}{2.3} \qquad \ldots..(١٠-١٩)$$

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

$$S_t = S_o e^{-kt} \qquad \ldots..(١٠-٢٠)$$

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

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

obeikandl.com

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

$$\log \frac{100}{50} = \frac{K\,T_{\frac{1}{2}}}{2.3} \quad \ldots(١٠-٢١)$$

او ان

$$\log 2 = \frac{K\,T_{\frac{1}{2}}}{2.3} \quad \ldots(١٠-٢٢)$$

او ان

$$0.301 = \frac{K\,T_{\frac{1}{2}}}{2.3} \quad \ldots(١٠-٢٣)$$

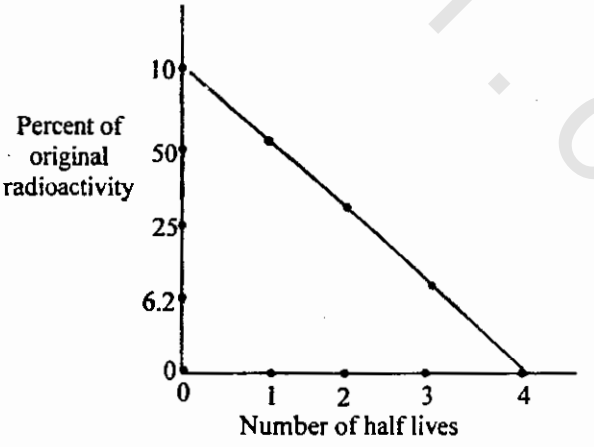
أو ان

$$KT_{\frac{1}{2}} = 0.693 \quad \ldots(١٠-٢٤)$$

او ان

$$T_{\frac{1}{2}} = \frac{0.693}{K} \quad \ldots(١٠-٢٥)$$

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



شكل رقم (١٠-١) تحلل العنصر

جدول رقم (١٠-٢): انصاف 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	4.4×15^5 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,

obeikandl.com

		0.081, 0.0[illegible]7, 0.121, 0.136, 0.199, 0.265 0.280, 0.305 0.402
Sodium – 22	2.6 yr	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 بالامكان تحضير وعزل مركب مشتق وذلك بتفاعل الخليط مع كاشف مشع معلوم النشاط الاشعاعي النوعي. فالمركب المطلوب معرفته سوف يتحول إلى مشتق له النشاط الاشعاعي النوعي نفسه وان كمية المشتق في المزيج يمكن تحديد كميتها بالحسابات المارة الذكر.

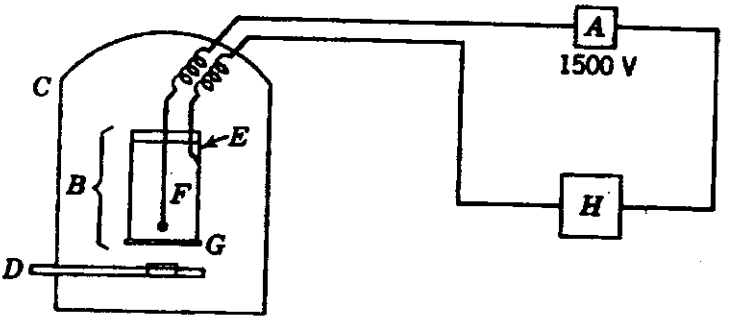
ان عدد مولات المشتق المشع في المزيج(**Mu**) قبل اضافة الحامل المشتق(M_0) تساوي عدد مولات المركب المطلوب معرفته في المزيج.

قياس النظائر المشعة

من تجارب المعقبات المشعة يمكن حساب كمية الاشعاع بوسيلتين هما:

١- جهاز **Geiger Counter**

يتكون من غرفة (او انبوب) مغطى سطحها السفلي 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 حاملة الانموذج.

E القطب السالب.

F القطب الموجب.

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

فالدقائق المشعة تدخل انبوب العداد وتأين 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 مايقيسه العداد بغياب 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.

جـ- 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 **Particles** β يمتصها المذيب ويحولها إلى الـ **Fluors** والذي بدوره يحولها إلى ومضات ضوئية تتناسب مع تركيز المادة المشعة. ان هذه الومضات تعد بواسطة خلية ضوئية **Photomultiptier 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.

جـ- تحضير العينة بصورة بسيطة غير معقدة اما مساوئ هذه الطريقة فهي:

أ- تكاليف الاجهزة العالية.

ب- الصعوبات المتعلقة بإذابة المركبات العالية القطبية في المذيب غير القطبي.

حـ- 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:

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

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 كمياً 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.

obeikandl.com

مثال (١٠-١)

الكالسيوم Ca^{45} المشع يمتلك نصف عمر $T_{\frac{1}{2}}$ بقدر **163** يوماً.

احسب مايأتي:

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

ب- نسبة المادة المتبقية بعد مرور **90** يوماً.

الحـــل

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

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

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

ب- نفرض ان نسبة التركيز البدائي S_o يعادل **100 %** فتكـــون نسـبة التركـيز بعـد مرور **90** يوماً هي S_t.

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

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

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

$$2 - \log S_t = 0.167$$

$$2 - 0.167 = \log S_t$$

$$\log S_t = 1.833$$

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

$$S_t = 68.1\ \%$$

مثال (١٠-٢)

الكاربون المشع C^{14} يمتلك نصف عمر قدره **5700** سنة.

احسب مايأتي:

obeikandl.com

أ- نسبة الكاربون C^{14} التي تتحلل سنوياً.

ب- النشاط الاشعاعي النوعي لـ C^{14} بوحدة **DPM / g** او **Curie / g** او **Curie / g – atom**.

الحـــل

أ- نحسب قيمة **K** كالآتي:

$$K = \frac{0.693}{T_{\frac{1}{2}}} = \frac{0.693}{5700}$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

obeikandl.com

Specific Activity = 9.99 × 10^{12} DPM / g

او

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

او

4.45 (Curie / g) × 14 (g / g − atom) = 62.4 Curie / g − atom

مثال (١٠-٣)

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

$$N_7^{14} + n_0^1 \rightarrow C_6^{14} + H_1^1 \qquad \ldots.(٢٦-١٠)$$

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

احسب مايأتي:

أ- وفرة الكاربون C^{14} بالنسبة للكاربون الكلي المشترك في دورة الكاربون على سطح الارض.

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

الحل

أ-

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

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

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

الغرام الواحد من الكاربون يحتوي على مايأتي:

الوزن الجزيئي (غرام)	عدد الذرات
12	6.02×10^{23}
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-

$$\log \frac{S_o}{S_t} = \frac{K t}{2.3}$$

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

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.

الحـــل

الكيوري **(Curie)** الواحد يحتوي على 10^{12} **DPM** × **2.22** ثـم نحسـب قيمـة **K**

obeikandl.com

بوحدة Min^{-1}.

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

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

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

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

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

اما حساب الوزن فكالآتي:

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

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

مثال (١٠-٥)

البوتاسيوم المشع K^{40} يمتلك نصف عمر قدره 1.3×10^{10} year ويكون مانسبته 0.012 % من البوتاسيوم الكلي في الطبيعية. وان جسم الانسان يحتوي على نسبة 0.35 % بوتاسيوم بالوزن. أحسب الاشعاع الكلي من تحلل K^{40} في 75 كغم من جسم الانسان.

الحل

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

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

الوزن الجزيئي	عدد الذرات
40	6.02×10^{23}
(g – g – atom)	(atom / g – atom)
3.15×10^{-2}	x

$$x = \frac{3.15 \times 10^{-2} \times 6.02 \times 10^{23}}{40}$$

$$x = 4.75 \times 10^{20} \text{ atoms}$$

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

$$K = \frac{0.693}{1.3 \times 10^{10} \times 365 \times 24 \times 60}$$

$$K = 1.014 \times 10^{-15} \text{ Min}^{-1}$$

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

$$DPM = (1.014 \times 10^{-15})(4.75 \times 10^{20})$$

$$DPM = 4.82 \times 10^{5}$$

$$\frac{DPM}{DPM / uC} = \frac{4.82 \times 10^{5}}{\frac{222 \times 10^{12}}{10^{6}}} = 0.127 \text{ uC}$$

مثال (١٠-٦)

قنينة تحتوي على 1 millicurie (m C) من L – Phenylalanine – C^{14} في 2 سم^3 من المحلول وان النشاط الاشعاعي النوعي للحامض الاميني المشع يعادل 150 m C / mole احسب مايأتي:

أ- تركيز الـ L – Phenylalanine في المحلول.

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

الحـــل

أ- إذا كان **m mole** يكون **150 m C** فنحسب عدد الـ **m mole** المكافئة لـ **m C** واحد.

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

نحسب التركيز

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

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

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

$$\text{Total Activity} = 0.80 \times 2.22 \times 10^{9}$$

$$= 1.775 \times 10^{9} \text{ CPM in 2.0 ml}$$

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

مثال (١٠-٧)

محلول الـ $Glutamate - C^{14}$ يحتوي على **(1.0) m c** و**(0.25)** ملغم من **Glutamate** لكل **1** سم^{3}. احسب مايأتي:

أ- النشاط الاشعاعي النوعي بوحدة **mC / mg**.

ب- النشاط الاشعاعي النوعي بوحدة **mC / m mole**.

جـ- النشاط الاشعاعي النوعي بوحدة **DPM / u mole**.

د- النشاط الاشعاعي النوعي بوحدة **CPM / u mole** للكاربون عندما تكون كفاءة العداد **70 %**.

الحـــل

أ-

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

ب- **S. A. = 4.0 mC / mg × 147.1 mg / m mole**

= 588 mC / m mole

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

= 0.588 mC / u mole

S. A. = 0.588 m C / u mole × 2.22 × 10^9

S. A. = 1.305 × 10^9 DPM / u mole

د- **1** مايكرومول **Glutamate** يحتوي على ٥ مايكرومول من الكاربون

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

وبكفاءة **70 %** يكون:

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

مثال (١٠-٨)

حضر **100** سم^3 بتركيز **10^{-2} M** من **L – Methionine – S^{35}** بحيث يكون النشاط الاشعاعي النوعي للحامض الاميني **(S. A.)** يعادل **1.5×10^5 DPM / u mole** وافرض انك تمتلك **0.1 M** من الحامض الاميني غير المشع وكذلك محلول اصلي **(Stock)** من **L – Methionine – S 35** و **30 m c / m mole**) **1 m C / ml**).

الحل

نحسب اولاً الاشعاع المطلوب

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

10 u mole / ml × 100 ml = 1000 u mole

1000 u mole × 1.5 × 10^5 DPM / u mole = 1.5 × 10^8 DPM

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

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

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

$$= 67.5\ ul$$

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

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

0.0333 m mole / ml = 33.3 u mole / ml

0.0675 ml × 33.3 u mole / ml = 2.25 u mole

ان هذه الكمية **(2.25 u mole)** قليلة أي تأخذ **675 u l** من الحامض الاميني المشع و**10.0 ml** من**(1000 u mole (0.1 M)** من الحامض الاميني غير المشبع 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 كالآتي:

997.75 مايكرومول من الحامض الاميني غير المشع.

2.25 مايكرومول من الحامض الاميني المشع وهي قليلة.

الأسئلة

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

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

ب- الجزء المتبقي من الاصل بعد 13 شهراً.

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

أ- الجزء المتبقي من ذرات اليود التي تتحلل باليوم وبالدقيقة.

ب- النشاط الاشعاعي النوعي S. A. لغرام واحد من اليوم I^{131} بوحدة Curie / g وبوحدة DPM / g و بوحدة Curie / g – atom.

(١٠-٣) ماهو النشاط الاشعاعي النوعي (S. A.) بوحدة (m C / m mole) عند تحضير Glucose – 6 – p^{32} علما بأن النشاط الاشعاعي النوعي S. A. يقدر 2×10^6 DPM / u mole.

(١٠-٤) احسب الوزن بالغرامات للكالسيوم في mC واحد من Ca^{45} علما بأن نصف عمر الكالسيوم Ca^{45} هو 163 يوماً.

(١٠-٥) قنينة من Serine – C^{14} تحتوي على 2.0 m C في 3.5 سم^3 من المحلول وان الـ S.A. يعادل 160 m C/ m mole احسب مايأتي:

أ- تركيز الـ Serine في المحلول.

ب- النشاط في المحلول بوحدة CPM / ml وبكفاءة الاشعاع او العد 68 %.

(١٠-٦) محلول Lysine – C^{14} يحتوي على 1.2 m C و 0.77 gm من الـ Lysine لكل سم^3. احسب الـ S.A. للـ Lysine بوحدة

أ- m C / gm.

ب- m C / m mole.

جـ- DPM / u mole.

د- CPM / u mole.

وان كفاءة العد هي 80 %.

(١٠-٧) حضر 75 سم^3 من محلول $(10^{-2}M)$ L – Cysteine – S^{35} Hydrochloride بحيث يحتوي الحامض الاميني على نشاط اشعاعي نوعي S.A. يقدر بـ 3.92×10^4 DPM

obeikandl.com

u mole / افترض انك تمتلك الحامض الاميني كحالة غير مشعة ومحلول اصلي Stock للحامض الاميني المشع1.2 mC / ml 14 m C / m mole and.

(١٠-٨) حضر ٥٠ سم^{3} من 10^{-3} M من مادة Glucose - C14 بحيث تكون S. A للسكر 3000 DPM/ u mole افترض أنك تمتلك 10^{-2} من محلول اصلي (Stock) يحتوي على0.02 u C/ ml وكلكوز بحالة صلبة.

(١٠-٩) عنصر الراديوم Ra المشع ذو الوزن الذري 209 يمتلك نصف عمر قدره31 دقيقة. أحسب قيمة k بوحدة min^{-1}.

(١٠-١٠) عنصر التوريوم المشع Th^{232} يمتلك نصف عمر نقدره 1.39×10^{10} سنة. أحسب الوقت اللازم لنقصان غرام واحد منه إلى مايكروغول واحد.

(١٠-١١) ان 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 كالآتي:

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

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.