

الباب الثالث

الكيمياء الإشعاعية العملية

obeikandi.com

الباب الثالث

" الكيمياء الإشعاعية العملية "

أولاً : الوحدات :-

تقاس فعالية العنصر المشع بعدد التحولات النووية في وحدة الزمن ،
إن وحدة الفعالية تدعى كورى (Ci) وتعادل 3.7×10^{10} انحلالاً بالثانية
(ثانية⁻¹ = هيرتز Hz) . ووحدة التعرض للإشعاع (رونتجن Roentgen)
تعرف بأنها كمية الإشعاع الساقطة التي تنتج شحنة كهربائية مجموعها
0.000258 كولومب على جميع الايونات ذات الشحنة المتشابهة في كيلو جرام واحد
من الهواء .

وهذا التعريف يتماثل في تعريف وحدة الشحنة الالكتروستاتيكية
أو 2.08×10^9 مزدوج أيوني (ion - pair) لكل 0.001293 جرام من
الهواء يمثل (0.001293 جرام وزن سنتيمتر مكعب واحد من الهواء الجاف
بدرجة الصفر المئوي وضغط 760 ميليمتر زئبق ، اى تحت الظروف القياسية) .
ويقاس معدل الجرعة (Dose rate) للتعرض الى الإشعاع بدلالة الرونتجن
بوحددة الزمن .

أما الجرعة الممتصة (adsorbed dose) فتقدر بوحددة الراد كما فى

الجدول التالي :-

رموز أهم الوحدات المستعملة في الكيمياء الإشعاعية

الملاحظات	الرمز	اسم الوحدة
وحدة التعرض للإشعاع	R	رونجن
وحدة التعرض للإشعاع	rad	راد
مليون راد	Mrad	ميكراد
وحدة الطاقة	ev	الالكترون فولت
ألف الكترون فولت	kev	كيلو الكترون فولت
مليون الكترون فولت	Mev	مليون الكترون فولت
وحدة فعالية العنصر المشع	Ci	كوري
وحدة الطاقة	J	جول
ألف جول	KJ	كيلو جول
10^{-6} جول	μJ	مايكروجول
ثانية ⁻¹ - وحدة التردد	Hz	هيرتز
مليون هيرتز	Mhz	ميغا هيرتز
يساوى 2.8 MHz	(g) gauss	كاوس
10^{-9} متر - وحدة طول الموجة	nm	نانومتر
9.87×10^{-6} ضغط جو = 10^{-5} بار	Nm^{-2}	نيوتن / متر ²
7.5×10^{-3} نور - وحدة الضغط		
مولار - وحدة التركيز	$mol\ dm^{-3}$	مول / ديسيمتر ³
وحدة ثابت معدل سرعة تفاعل الدرجة الثانية	$dm^3\ mol^{-1}\ s^{-1}$ (k)	ديسيمتر ³ مول ⁻¹ ثانية ⁻¹
= 10 مولار ⁻¹ سم ⁻¹ - وحدة ثابت معامل الامتصاص	$m^2\ mol^{-1}$ (ε)	متر ² مول ⁻¹

ووحدة الراد هي عبارة عن الطاقة الممتصة المساوية إلى 100 أراج (وتساوي 10 مايكروجول). من قبل جرام واحد من المادة المعرضة للإشعاع .
 وحدة معدل الجرعة الممتصة ستكون الجول بوحدة الزمن . وفي كثير من الأحيان
 تستعمل وحدة الإلكترون فولت ومضاعفاتها للتعبير عن الطاقة الممتصة من قبل النظام
 أو للتعبير عن معدل الجرعة ، وتعرف بأنها الطاقة اللازمة بوحدة شحنة الإلكترون
 التي تعجل خلال جهد مقداره فولت واحد . يتم تحويل وحدات الطاقة من نانومتر إلى
 الجول أو إلى إلكترون فولت وفقاً لما هو موضح في المثال التالي : -

مثال (1) :-

إذا كان طول الموجة أشعة جاما تساوي (0.03) نانومتر فكم يكون مقدار
 طاقتها بالجول والإلكترون فولت .

الحل :-

$$E = h \nu = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E = \frac{6.6 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^{10}}{0.03 \times 10^{-7}} = \frac{\text{جول} \cdot \text{ثانية} \times \text{سم} / \text{ثانية}}{\text{سم}}$$

$$= 6.61 \times 10^{-15} \text{ J}$$

$$1.0 \text{ ev} = 0.16021 \times 0.16021 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$\frac{1.0 \times 6.61 \times 10^{-15}}{0.16021 \times 10^{-18}} = 41300 \text{ ev}$$

$$1.0 \text{ kev} = 0.16021 \times 10^{-15} \text{ J}$$

$$\frac{1.0 \times 6.61 \times 10^{-15}}{0.16021 \times 10^{-15}} = 41.3 \text{ kev}$$

وبالإمكان تحويل وحدة الراد الى الارج والجول والسعر الحراري والإلكترون

فولت لعوامل التحويل التالية :-

$$1.0 \text{ Rad} = 100 \text{ erg / gm} = 10^{-5} \text{ j / gm}$$

$$= 6.24 \times 10^{13} \text{ ev / gm}$$

$$= 2.4 \times 10^{-6} \text{ cal / gm}$$

$$= 1.83 \times 10^{12} \text{ ion - pair / gm air}$$

$$= 10^{-5} \text{ watt .sec / gm}$$

$$1.0 \text{ ev / molecule} = 23.06 \text{ kcal / mol}$$

$$= 96.49 \text{ kJ / mol}$$

ثانيا : الناتج الكيميائي للإشعاع : (radiation chemical yield)

وناتج المزدوج الأيوني : (ion - pair yield) :-

إن من أهم العوامل التي تساعد على معرفة ميكانيكية التحلل الإشعاعي للمواد الكيميائية بدقة هي حساب عدد جزيئات المادة المتحللة او عدد جزيئات المواد المتكونة نتيجة تعرض المادة الكيميائية لطاقة إشعاعية معرفة وذات كمية معلومة ، ونستطيع ان نشق هذه المعلومات من قيمة الناتج الكيميائي للإشعاع - قيمة G - وناتج المزدوج الأيوني - قيمة M/N - في الحالة الغازية .

قيمة - G :-

تعرف قيمة G - بأنها عدد جزيئات المادة المتغيرة او عدد جزيئات المادة المتكونة عند إمتصاص النظام طاقة إشعاعية مقدارها 100 ev ، ولذلك

نستطيع أن نحسب عدد مولات المادة المتفككة أو المتكونة بالضبط باستعمال قيمة G -
كما في المعادلة التالية :-

$$G = \frac{n \times A}{D} \times cv$$

حيث يمثل كل من (n) (A) عدد المولات وعدد أفجارو (D) الجرعة الممتصة ، وفيما يلي مثالين حسابيين يتسنى للطالب بواسطتهما كيفية حساب قيمة G .

مثال (2) :-

إذا كان ضغط الغاز المتكون نتيجة تعرض (5) مليلتر من مادة كيميائية سائلة لأشعة جاما ولمدة (9.74) دقيقة يساوي (4.7) سم زئبق وحجمه مساو الى (0.3462) سم³ بدرجة (25) مئوية . فاحسب قيمة G للغاز المتكون اذا كان معدل جرعة الاشعاع مساو الى 0.506×10^{19} إلكترون فولت لكل (5) مليلتر من المادة بالدقيقة ($R = 6250$ سم . مليلتر مول⁻¹ درجة مطلقة⁻¹)

الحل :-

أولاً : تحسب عدد المولات (n) من المعادلة العامة للغازات كما يلي :-

$$n = \frac{PV}{RT}$$

$$= \frac{4.7 \times 0.3462}{6250 \times 298} = 8.74 \times 10^{-7}$$

ثانياً : يحسب مقدار الجرعة الممتصة من معدل الجرعة الممتصة والوقت على النحو التالي :-

$$D = D.R \times t$$

$$= 0.506 \times 10^{19} \times 9.74$$

$$= 4.93 \times 10^{19} \text{ per } 100 \text{ ev for } 5 \text{ ml}$$

ثالثاً - يتم حساب قيمة G من المعادلة (2.3) كما يلي :-

$$G = \frac{8.74 \times 10^{-7} \times 6.023 \times 10^{23}}{4.93 \times 10^{19}} \times 100 = 1.07$$

مثال (3) :-

إذا كانت الكثافة الضوئية لمحلول مخفف (50) مرة من معقد البارادايثيل امينوبنزالديهيد مع الهيدرازين المتولد نتيجة تعرض (5) مليلتر من الامونيا السائلة المعرضة لأشعة جاما تساوى (0.066) - فأحسب قيمة G للهيدرازين إذا كانت الجرعة الممتصة من قبل حجم نموذج الأمونيا نفسه مساوية الى (6.41×10^{19}) الكترون فولت علما بان ثابت الامتصاص المولارى للمعقد يساوى (66000) مولار⁻¹ سم⁻¹ (طول خلية امتصاص نموذج = 1 سم) .

الحل :-

من قانون لامبرت - بير نستطيع ان نحسب التركيز المولارى كما يلي :-

$$C = \frac{OD}{\epsilon \cdot l}$$

حيث :

(C) : التركيز المولارى .

(OD) : الكثافة الضوئية .

(ε) : ثابت الامتصاص المولارى .

(I) : طول خلية الامتصاص .

$$C = \frac{0.066}{66000} = 10^{-6} \text{ مولار}$$

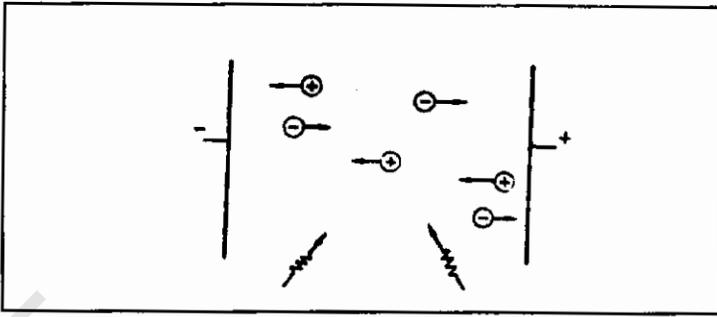
تركيز الهيدرازين الكلى فى نموذج الامونيا (5 مليلتر) = 5×10^{-5} مولار .

$$\text{عدد مولات الهيدرازين فى النموذج} = \frac{5 \times 10^{-5}}{1000} = 5 \times 10^{-8}$$

$$G = \frac{5 \times 10^{-8} \times 6.023 \times 10^{23}}{6.41 \times 10^{19}} \times 10^2 = 0.047$$

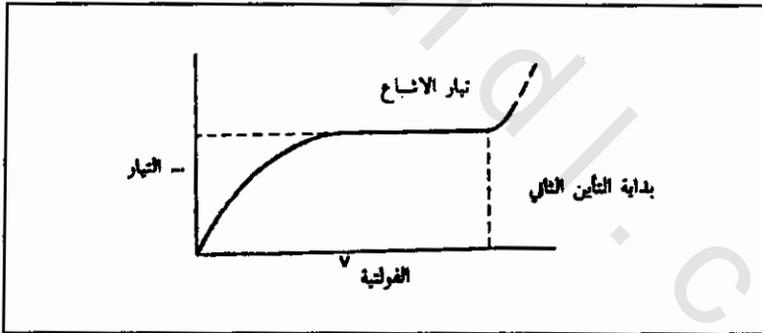
ثالثا : الأنظمة الغازية وقيم W و M / N :-

ف عند إمرار أشعة ذات طاقة عالية مؤينة خلال جزيئات غاز معين تتولد ايونات وحالات إثارة وجذور حرة . ونستطيع ان نقيس مقدار هذا التأين بصورة مباشرة وذلك بتسليط فرق جهد كهربائى بين قطبين مغمورين فى الغاز المعرض للإشعاع عندئذ يبدأ التيار الكهربائى بالجريان كما هو مبين فى الشكل التالى :-



تأثير الحقل الكهربائي على جزيئات الغاز المعرض للأشعة

تزداد الايونات المنجذبة نحو الأقطاب المعاكسة لشحنتها بازدياد فرق الجهد مسببة ازدياد فى التيار الكهربائي وتستمر الزيادة الى ان يصل التيار الى حالة الإشباع فيدعى أنذاك تيار الإشباع (saturation current) كما هو مبين فى الشكل التالي :-



منحنى الغاز المعرض للإشعاع تحت تأثير التيار الكهربائي

وتتعاقد جميع الايونات المنجذبة نحو الأقطاب المعاكسة لشحنتها فى حالة الإشباع ، وفى هذه الحالة لا يسبب ازدياد فرق الجهد زيادة فى التيار وحتى بداية التأين الثانى .

وتعرف قيمة w بأنها كمية الطاقة بالإلكترون فولت الممتصة من قبل الغاز لكل مزدوج أيوني متولد ، ويمثل الجدول قيم w لبعض الغازات المعروفة .

قيم - W وجهد التأين لبعض الغازات

الغاز	قيمة - w بالإلكترون فولت	جهد التأين بالإلكترون فولت
الماء	30.0	12.6
الامونيا	35.0	10.4
الاوكسجين	30.8	12.1
النايتروجين	34.6	15.6
الهواء	34.0	—
الزايون	21.9	12.1
الكربتون	24.3	13.9
الارجون	26.2	15.8
النيون	36.2	21.6
الهيليوم	41.5	24.6

ويبين كذلك جهد التأين لهذه الغازات . بحسب عدد التأين او عدد المزدوج الايوني لكل (100) إلكترون فولت لأي غاز من المعادلة التالية :-

$$\frac{100}{W} = \text{عدد المزدوج الايوني}$$

فمثلا في حالة الماء $w = 30$ إلكترون فولت ، يكون عدد المزدوج الايوني مساويا الى $3.3 = 30/100$ من الايونات او الالكترونات التي يجب ان تتولد عند الامتصاص (100) إلكترون فولت من الطاقة الإشعاعية . وفي حالة الامونيا يكون عدد المزدوج الايوني $= 100/35 = 2.9$ من الايونات والالكترونات . ترتبط قيمة - G بقيمة - W على النحو التالي :-

$$G = \frac{100}{M} \times \frac{M}{N}$$

وتعرف القيمة (M / N) بأنها ناتج المزوج الايوني ، ويمثل (M) عدد الجزيئات التي تتحمل التغير الكيميائي نتيجة امتصاص الأشعة و (N) عدد المزوج الايوني المتكون .

رابعا : أنظمة قياس جرعة الإشعاع :-

نظرا لوجود عدد كبير من الأنظمة الكيميائية التي تصلح ان تكون أنظمة لقياس جرعة الإشعاع فهناك مواصفات معينة يجب ان يمتلكها النظام لكي تميزه عن بقية الأنظمة وهي كما يلي :-

1. يجب ان يتناسب مع مدى واسع لجرع الإشعاع . حيث ان مدى الجرعات ذات الأهمية في الكيمياء الإشعاعية يتراوح بين (10) الى (10^8) راد ولكن ليس هناك نظام يستطيع ان يغطي هذا المدى بأكمله .

2. يجب ان لا يعتمد على معدل الجرعة ولا على درجة الحرارة ولا يعتمد كذلك على طاقة الإشعاع وانتقال الطاقة الخطي له .

3. يجب الحصول على نتائج مضبوطة دائما عند إعادة العمل بها . أي أن الخطأ التجريبي بين تجربة وأخرى يجب أن يتراوح بين ($\pm 2\%$) الى ($\pm 5\%$) .

4. يجب ان يكون مستقرا في الظروف العادية مثل تعرضه للضوء او للهواء قبل وبعد تعرضه للإشعاع .

5. يجب ان يكون سهل الاستعمال والتحضير وان تكون المواد الكيميائية والمذيبات التي يحضر منها متوفرة في ابسط المعامل . هذا بالإضافة إلى ان

التغير القليل الذي قد يحدث في تركيز المواد نتيجة عدم الدقة في التحضير يجب أن لا يؤثر عليه كثيرا .

وفيما يلي أهم الأنظمة الكيميائية التي تستعمل في قياس جرعة الإشعاع ، وتعمل الأنظمة الثلاثة الأولى لقياس جرعة الإشعاع في حالة التحلل الإشعاعي للأنظمة الكيميائية في الحالة المستقرة (**steady - state radiolysis**) وأما النظام الأخير فيستعمل في تجارب التحلل بالنبض الإشعاعي (**pulse - radiolysis**) .

(أ) نظام فرك (Fricke - Dosimeter) :-

يعتمد نظام فرك على تكون ايون الحديد في المحلول المائي لكبريتات الحديدوز نتيجة التعرض للأشعة المؤينة . ان تطبيق هذا النظام جيد لعمل في الأنظمة المكثفة مثل السوائل والمواد الصلبة ويتم حساب الجرعة الممتصة من قبل النموذج مباشرة من الجرعة الممتصة بواسطة محلول فرك لنفس مصدر الإشعاع ، وان الجرعة الممتصة تتناسب مع الكثافة الالكترونية للنظام ويمكن تصحيحها دائما وفقا لذلك . حيث ان قيمة G لايون الحديد تعتمد على قيمة انتقال الطاقة الخطى للإشعاع وتصل الى أعلى قيمة عند استعمال إشعاع ذي انتقال خطى منخفض كما في الجدول التالي .

يحضر محلول فرك من خلط (22) سم³ من حامض الكبريتيك المركز (**annular% 98-95**) مع (600) سم³ من الماء المقطر ثلاثيا ثم تضاف الى الخليط بعد التبريد (0.56) جرام من كبريتات الحديدوز

قيمة - G لايون الحديدك $^{3+} \text{Fe}$ G لمختلف انواع الاشعاعات

$G (\text{Fe})^{3+}$	المصدر	نوع الإشعاع
15.5	كوبلت 60	جاما
15.5	Mev -1	الكترونات معجلة
15.45	Mev -2	الكترونات معجلة
15.20	^{32}P	بيتا
16.30	Mvp -30	اكس
16.0	Mvp -20	اكس
15.0	Kvp -220	اكس
14.7	Kvp -100	اكس
14.0	Kvp -50	اكس
13.4	Kvp -8	اكس
12.9	^3H	بيتا
9.81	Mev - 12	ديوترونات معجلة
8.00	Mev -1.99	بروتونات
6.90	Mev -3.47	ديوترونات معجلة
5.10	$^{210}\text{P}_0$	الفا
3.00	^{235}U	مكونات الانشطار النووي

الفوسادرية النقية (Analar) و (0.06) جرام من كلوريد الصوديوم النقي ثم يخفف المزيج بحيث يصبح حجمه النهائي لتراً واحداً بالماء المقطر ثلاثياً . وكثافة المحلول الناتج تساوى (1.024) جرام / سم³ وتركيز ايون الحديدوز النهائي فى محلول يعادل (2) مليمولار ويجب حفظ المحلول بمعزل عن ضوء الشمس ويكون مستقراً لمدة شهر واحد تحت هذه الظروف .

وتقاس كثافة الضوئية لايون الحديدك بعض التعرض للأشعة بطول موجة قدره (304) nm وبخلية الامتصاص طولها 1 سم ، كما ان ثابت الامتصاص لايون الحديدك عند (304) nm يساوى $\epsilon = 2193 \pm 6$ مولار⁻¹ سم⁻¹ (219.3 متر² مول⁻¹) بدرجة 25 مئوية وبحسب تركيز ايون الحديدك بموجب المعادلة التالية :

$$[Fe]^{3+} = \frac{OD}{\epsilon [1 + 0.007 (T_2 - T_1)]}$$

حيث (OD) : الكثافة الضوئية لايون الحديدك .

(ϵ) : ثابت الامتصاص .

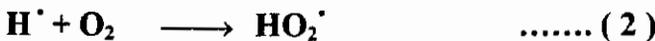
(T_1) : درجة الحرارة التى عين بها (ϵ) .

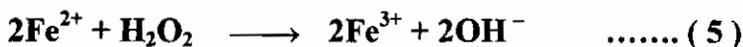
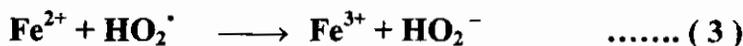
(T_2) : درجة الحرارة التى عين بها الكثافة الضوئية .

ميكانيكية التفاعل :-

يتحمل ايون الحديدوز خلال التعرض للإشعاع التفاعلات التالية فى محيط

حامض الكبريتيك المخفف وبوجود الأوكسجين :-





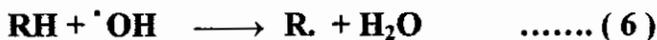
وتتولد عدد من ايونات الحديدك لكل (100) إلكترون فولت من الطاقة الإشعاعية الممتصة وتساوى هذه الايونات قيمة - G لجذور الهيدروكسيل بموجب التفاعل (1) ومساوية الى قيمة - G لذرات الهيدروجين بموجب التفاعلين (2) و (3) . وتتولد ايونين من الحديدك بموجب التفاعل (5) من كل جزيئة بيروكسيد الهيدروجين المضمطة ، لذلك فإن :

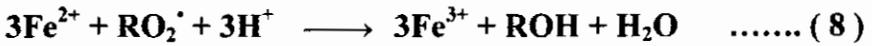
$$G(\text{Fe}^{3+}) = G_{\text{OH}} + G_{\text{H}} + 2G_{\text{H}} + 2G_{\text{H}_2\text{O}_2}$$

ويكتب عادة ناتج المركب المستقر أمام الرمز G اما ناتج المركب الوسطى غير المستقر (مركبات وذرات وجذور حرة) فيكتب في الزاوية اليمنى السفلى من الرمز G ، ويتعويض القيم على يمين المعادلة السابقة نحصل على قيمة - G لايون الحديدك في محلول فرك وكما يلي :-

$$G(\text{Fe}^{3+}) = 2.95 + 3 \times 3.65 + 2 \times 0.8 = 15.5$$

ويسبب تواجد بعض الشوائب العضوية في المحلول إزدياداً في ناتج ايون لحديدك كما هو واضح في التفاعلات (6) و (7) و (8) كما يلي :-

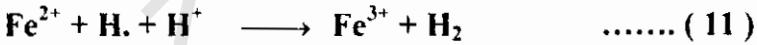




ولكن إضافة كلوريد الصوديوم الى المحلول يمنع هذه الزيادة بسبب تنافس ايون الكلوريد مع (R.) للتفاعل مع جذور الهيدروكسيل ومن ثم تكون الناتج الاعتيادي لايون الحديدك كما يلي :-



أما عند تعرض محلول فرك للإشعاع بعدم وجود الأوكسجين فإن المعادلة التالية سوف تحل محل التفاعل (4) و (8) في الميكانيكية :-



وبذلك ستتخفص قيمة - G لايون الحديدك في محلول فرك الى ما يلي :-

$$G(\text{Fe}^{3+}) = G_{\text{OH}} + G_{\text{H}} 2G_{\text{H}_2\text{O}_2} = 8.2$$

مثال (4)

إذا كانت الكثافة الضوئية لايون الحديدك في محلول فرك بعد مرور عشر دقائق على تعرض المحلول لاشعة جاما من السيزيوم - 137 مساوية الى (0.44) عند طول الموجة (304) NM في درجة (35) مئوية (طول خلية الامتصاص 1 سم) ، فاحسب :-

- معدل الجرعة المغطاة للمحلول .
- معدل الجرعة المعطاة لنموذج من الكحول المثيلي اذا وضع في نفس الموقع داخل غرفة مصدر الإشعاع .
- معدل الجرعة المعطاة لنموذج من الامونيا السائلة تحت نفس الشرط في (ب) .

$$(\epsilon = 2193 \text{ مولار}^{-1} \text{ سم}^{-1} \text{ بدرجة } 25 \text{ مئوية})$$

الحل :-

(أ) حساب معدل الجرعة :

يجب ان يصحح ثابت الامتصاص نسبة الى درجة الحرارة التي عينت بها

الكثافة الضوئية كما يلي :-

$$\varepsilon (35^{\circ} \text{ C}) = \varepsilon (25^{\circ} \text{ C}) [1 + 0.007 (T_2 - T_1)]$$

$$\varepsilon (35^{\circ} \text{ C}) = 2193 [1 + 0.007 \times 10] = 2346.5$$

$$C = \frac{OD}{\varepsilon \times l}$$

$$C = \frac{0.44}{2346.5 \times 1} = 1.88 \times 10^{-4} \text{ M}$$

بما أن (15.5) من ايونات الحديدك تتكون عند امتصاص (100) إلكترون

فولت من الطاقة الإشعاعية ، لذلك فإن :-

$$D = \frac{1.88 \times 10^{-4} \times 6.023 \times 10^{23} \times 100}{15.5} = 7.31 \times 10^{20} \text{ evl}^{-1}$$

$$D.R = \frac{D}{15.5} = \frac{7.31 \times 10^{20}}{10} = 7.31 \times 10^{19} \text{ evl}^{-1} \text{ min}^{-1}$$

(ب) حساب معدل الجرعة لنموذج الكحول المثلي :-

يجب علينا أولا حساب الكثافة الالكترونية لكل من محلول فرك والكحول

المثلي كما يلي :-

بما ان امتصاص طاقة جاما تخضع كليا الى ظاهرة استقطار كومبتن لذلك فإنها تتناسب مع الكثافة الالكترونية، وبما ان كثافة محلول حامض الكبريتيك المخفف مساوية الى (1.024) جرام مليلتر⁻¹ .

لذلك فإن لترا واحد من هذا المحلول يجب ان يحتوى على $984.8 = 98 \times 0.4 - 1024$ جرام من الماء . وبما ان جزيئة واحدة من حامض الكبريتيك تحتوى على (50) إلكترونات وجزيئة واحدة من الماء تحتوى على (10) الكترونات فإن الكثافة الالكترونية للمحلول يجب ان تساوى :-

$$\text{الكثافة الالكترونية} = \frac{10 \times \frac{984.8}{18} \times 50 \times 0.4}{1000} = 0.567 \text{ g . electron ml}^{-1}$$

وتحتوى الجزيئة الواحدة للكحول المثلى على (18) الكترونا وكثافته تساوى (0.791) جرام مليلتر⁻¹ بدرجة 25 مئوية ، لذلك فإن كثافته الالكترونية يجب ان تكون مساوية الى :-

$$\text{الكثافة الالكترونية} = \frac{18}{32} \times 0.445 \text{ g . electron ml}^{-1} = \frac{0.445}{0.791}$$

وان النسبة بين الكثافة الالكترونية للكحول المثلى ومحلول فرك ستكون على النحو التالى :-

$$\frac{0.445}{0.567} = 0.785$$

ويصبح معدل الجرعة المعطاة للكحول المثلي كما يلي :-

$$0.785 \times 7.31 \times 10^{19} = 5.74 \times 10^{19} \text{ evl}^{-1} \text{ min}^{-1}$$

(ج) حساب معدل الجرعة لنموذج الامونيا :

ان كثافة الامونيا السائلة تساوى (0.6102) جرام مليلتر⁻¹ بدرجة (22)
مئوي ووزنها الجزيئي يساوى (17) وتحتوى جزيئتها على (10) إلكترونات ،
وبموجب هذه المعلومات ستكون كثافتها الالكترونية كما يلي :-

$$\text{الكثافة الالكترونية} = \frac{10}{17} \times 0.359 \text{ g. electron ml}^{-1} \\ \frac{0.359}{0.6102}$$

أما بالنسبة لكثافة الالكترونية للأمونيا السائلة ومحلول فرك فستكون
كما يلي :-

$$\frac{0.359}{0.567} = 0.633$$

ومعدل الجرعة لنموذج الامونيد =
 $0.633 \times 7.31 \times 10^{19} = 4.63 \times 10^{19}$ إلكترون فولت مليلتر⁻¹ دقيقة⁻¹ .

(ب) نظام كبريتات السيريك : Cerci sulphate dosimeter

يعتمد هذا النظام على اختزال ايون السيريك الى ايون السيروز بسبب تعرض
محلول الايون الأول للإشعاع ولا تتأثر نتائج هذا النظام بوجود او عدم وجود
الأوكسجين . ويحسب نتائج ايون السيروز Ce^{+3} من الفرق بين تركيز ايون السيريك
 Ce^{+4} قبل وبعد التعرض للإشعاع .

ويتم حساب الفرق عند التراكيز المنخفضة لايون السيريك بواسطة تعيين مقدار التغير في كثافته الضوئية عند طول الموجة (320) nm باستعمال ثابت امتصاصه المساوي الى (5565) مولار⁻¹ سم⁻¹ الذي لا يعتمد على درجة حرارة ثم تطبيق المعادلة التالية : -

$$[\text{Ce}]_{r^{4+}} = \frac{OD_1}{\epsilon \times l} = 0.785$$

حيث يمثل : $[\text{Ce}^{4+}]$ تركيز ايون السيريك المختزل إلى ايون السيروز .
(OD₁) و (OD₂) الكثافة الضوئية لايون السيريك قبل وبعد التعرض للإشعاع .

ولكن عند التراكيز العالية لايون السيريك يقاس التغير في تركيزه بواسطة الطرق التحليلية القياسية فمثلا معايرته مع كبريتات الحديدوز ويحضر محلول هذا النظام بإذابة كبريتات السيريك في حامض الكبريتيك المخفف (0.8) عياري بحيث يترواح تراكيز الكبريتات النهائي في المحلول بين 5×10^{-2} - 2×10^{-4} مولار ويستعمل الماء المقطر ثلاثيا للتخفيف .

ويجب ان تكون المواد الكيميائية المستعملة على درجة عالية من النقاوة لان حساسية النظام للشوائب كبيرة جدا فمثلا وجود عشرين جزءا بالمليون من حامض الفورميك كشوائب يزيد من قيمة - G لايون السيروز من (2.5) الى (3.55) لذلك يفضل مقارنة الجرعة الممتصة المقاسة بواسطة هذا النظام بتلك المقاسة بواسطة نظام فرك ، ويمثل الجدول التالي قيم (Ce⁺³) G لمحلول كبريتات السيريك عند تعرضه لمختلف أنواع الإشعاعات .

قيم $G(Ce^{+3})$ لمختلف انواع الاشعاعات

$G(Ce^{+3})$	المصدر	نوع الإشعاع
2.50	Mev 8-14	الكترونات معجلة
2.45	كوبلت - 60	جاما
3.15	Kvp - 200	اكس
2.80	Mev -10	ديوتريونات معجلة
2.90	Mev -11	الفا معجلة
3.20	بولونيوم - 210	الفا

وهناك أنظمة أخرى لقياس جرعة الإشعاع مثل نظام حامض الاوكزاليك ونظام فورمات الصوديوم وأنظمة أخرى ولكنها اقل شيوعا واستعمالا .

(ج) نظام اوكسيد النتروز : (Nitrous oxide dosimeter) :-

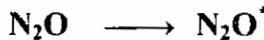
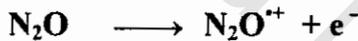
يستعمل هذا النظام لحساب جرعة الإشعاع للأنظمة الغازية يعتمد على قياس عدد مولات غاز النيتروجين المتكون نتيجة التحلل الإشعاعي ويتم ذلك بتجميد غاز اوكسيد النتروز غير المتحلل وباقى اكاسيد النيتروجين بواسطة حمام من الهواء المسال (النيتروجين السائل الذي درجته الحرارية مساوية الى - 196 مئوي) ثم عزل غاز النيتروجين غير المتجمد من النظام وقياس ضغطه بحجم معلوم وبدرجة حرارة الغرفة وحساب عدد مولاته بواسطة المعادلة العامة للغازات او قياس عدد مولاته بواسطة طرق تحليل الغازات الحديثة مثل الغاز كروموتوجرافي .

إن قيمة - G لغاز النيتروجين المتولد تساوى (10.2) وقيمة W لأكسيد النترóz تساوى (30) إلكترون فولت لكل مزدوج أيونى ، وعند جرعات إشعاعية منخفضة $G(N_2O) = 12$ ولذلك فإن (M/N) للغاز تعادل حوالي (4) ولا تعتمد قيمة - G لغاز النيتروجين على ضغط غاز أكسيد النترóz عند ما يتراوح ضغطه بين 200-600 تور ولا تعتمد كذلك على بعض غاز المتغيرات الأخرى ولكن تزداد بصورة مهمة بدرجات حرارة أعلى من (50) مؤوي .

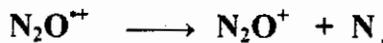
حيث ان قيمة (M/N) لغاز أكسيد النترóz توحي بان تفكك الحالة المثارة للغاز ذات أهمية إذ أن هناك بعض التفاعلات ذات السلاسل القصيرة قد تحدث خلال عملية التحلل الإشعاعي كما سنرى في ميكانيكية التحلل .

ميكانيكية التفاعل :-

ان التأين والإثارة هما العمليتان الابتدائيتان في الميكانيكية



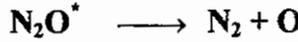
ثم يعانى الايون الموجب التفاعلات التالية :-



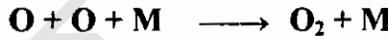
ويتحمل الإلكترون التفاعل التالي :-



أما الحالة المثارة فتتفكك محررة الجذور الحرة كما يلي :-

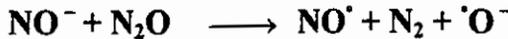


ثم تتبعها تفاعلات الجذور الحرة التالية :-



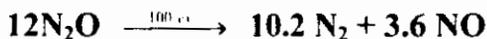
حيث يمثل **M** الجسم الثالث في النظام الذي يقوم بامتصاص الطاقة الفائضة التي تحملها الجذور الحرة عند تكونها وبعد جدار الإناء الداخلي لخليط التفاعل خير مثال على ذلك .

أما الأيونات فيدورها تعاني التفاعلات التالية :-



ولا نستطيع ان نجزم بأن جميع التفاعلات في الميكانيكية أعلاه مهمة لاسيما ان هناك بعض الغموض في التحلل الإشعاعي لنظام اوكسيد النتروز وبصورة عامة تمثل

المعادلة التالية التحلل الإشعاعي للغاز تحت ضغط (600) تور
وبدرجة (24) مئوية :-



نظام سيانيد البوتاسيوم الحديدوزى k4 Fe (CN)_6 لقياس جرعة الإشعاع فى
التحلل بالنبض الإشعاعى :-

يؤدى النبض الإشعاعى ذو الأمد القصير جدا والمكثف الى بعض الصعوبات
فى قياس معدل الجرعة اذا ان قيمة مجموع الجرعة الممتصة عندما يكون امد النبض
بحدود المايكروثانية ليست بالعالية وتقدر بحوالى ألف راد ولكن معدل الجرعة يكون
عاليا جدا ولا نستطيع فى هذه الحالة استعمال نظام محلول فرك عندما يصبح
معدل الجرعة أعلى من (5×10^8) راد بالثانية (3.12×10^{21} إلكترون فولت
جرام⁻¹ ثانية⁻¹) الا بعد تحويله .

ويتم ذلك بعدم إضافة كلوريد الصوديوم وتشبيح المحلول لغاز الأوكسجين .
ولكن محلول سيانيد البوتاسيوم الحديدوزى لقياس جرعة الإشعاع هو الأكثر استعمالا
وشيوعا من محلول فرك المحور بهذا الصدد ويعتمد محلول سيانيد البوتاسيوم
الحديدوزى فى عمله على أكسدة السيانيد الحديدوزى الى السيانيد الحديدىكى تحت تأثير
النبض الإشعاعى وبقياس تركيز الايون الأخير نستطيع ان نحسب الجرعة الممتصة .
تتم أكسدة بواسطة بيروكسيد الهيدروجين وجذور HO_2 وجذور الهيدروكسيل ولكن
تعتمد الاكسدة على الاخيرة فقط بالحساب نظرا لبطء العمليتين الأوليتين بالمقارنة مع
عملية الأكسدة الثالثة .

ويحضر المحلول بإذابة كمية من سيانيد البوتاسيوم الحديدوزى فى الماء
المقطر ثلاثيا بحيث يصبح تركيزه النهائي فى المحلول مساويا الى (10) ملليمول ثم

يشبع بغاز الاوكسجين قبل تعرضه للنبض الاشعاعى . ويعمل وجود الاوكسجين على منع ذرات الهيدروجين من تفاعلها مع ايون السيانيد الحديدى المتكون اذا يتفاعل معها مكونا جذور HO_2 ثم نحسب الجرعة الممتصة بالالكترن فولت مليلتر⁻¹ بواسطة المعادلة التالية :-

$$D (\text{ev ml}^{-1}) = \frac{N_A \Delta (OD)_d}{10 G_d \epsilon_d I}$$

حيث يمثل : (N_A) عدد أفوجادرو .

$\Delta (OD)_d$ التغير بالكثافة الضوئية لمحلول سيانيد البوتاسيوم

الحديدوزى عند طول الموجة (420) nm .

$(G_d \epsilon_d)$ حاصل ضرب قيمة - G وثابت الامتصاص للسيانيد

الحديدى عند طول موجة (420) nm ويساوى حاصل ضرب

(3200) مولار⁻¹ سم⁻¹ (320 متر² مول⁻¹) و

(I) طول خلية الامتصاص .

وترتبط الجرعة الممتصة المحسوبة فى المعادلة السابقة مع الجرعة الممتصة

من قبل النموذج المعرض للأشعة حسب ما هو مبين فى المعادلة التالية :-

$$G_S = \frac{\Delta (OD)_S}{\Delta (OD)_d} \times \frac{3200}{\epsilon_S} \times \frac{e \sigma_S}{e \sigma_d}$$

حيث يمثل : (G_S) قيمة - G للمركب الوسطى العابر المتولد من تحلل النموذج

نتيجة تعرضه للأشعاع (وهو المراد حسابه فى التجربة)

$\Delta (OD)_S$ التغير فى كثافته الضوئية عند اعلى طول موجة

للامتصاص (λ_{max}) و (ϵ_S) ثابت امتصاص ويمثل كل من $(e \sigma_d)$

و $(e \sigma_S)$ الكثافة الالكترونية لمحلول سيانيد البوتاسيوم الحديدوزى وللنموذج

المراد تحلله إشعاعيا على التوالى .

وهناك نظام آخر يستعمل في كثير من الاحيان لقياس الجرعة الممتصة فى تجارب التحلل بالنيض الإشعاعى وهو محلول ثايوسيانات البوتاسيوم . ويعتمد هذا النظام على تكون الجذر الأيونى₂ (CNS) نتيجة التفاعلات التالية .



ويظهر $(\text{CNS})_2^-$ حزمة امتصاص ذات شدة عالية عند طول الموجة (500) n m بثابت امتصاص قدره (7100) مولار -1 سم -1 وتستعمل المعادلة الأولى لحساب الجرعة الممتصة . ولكن لا يزال هذا النظام بحاجة الى معلومات أخرى لدراسة تأثيرات معدل الجرعة ومعلومات ثانية لغرض زيادة دقة النظام فى القياسات .

خامسا : تنقية المواد وغسل الأجهزة الزجاجية :-

(Purification of Materials And Cleaning)

ان تنقية المواد الكيميائية المستعملة فى تجارب الكيمياء الإشعاعية مهمة جدا اذ ان وجود بعض الشوائب بتركيز قليلة جدا قد يؤثر تأثيرا بالغا على النتائج فيزداد من قيمة - G لبعض المركبات الوسطية والنهائية المستقرة ويقلل القيمة للبعض الآخر ويؤدى ذلك الى استنتاجات بعيدة عن حقائق سير التحلل الإشعاعى للنظام قيد الدرس .

فمثلا وجود بعض الشوائب العضوية فى محلول فرك يزيد من قيمة - G لايون الحديدك كما ذكر سابقا . وان المادة الكيميائية التى تكون درجة نقاوتها 99.9% تعتبر مادة نقيه جدا فى معظم فروع الكيمياء ولكن فى الكيمياء الإشعاعية مادة كهذه يجب ان تنقى أكثر بحيث ترتفع درجة النقاوة الى 99.99% او

أكثر والامونيا خير مثال على ذلك إذ ان درجة نقاوة نموذج الامونيا السائلة تساوى 99.9 % ومع ذلك يجب تنقيتها قبل تعرضها للإشعاع .

وفيما يلي شرح أساسي ومختصر يوضح تنقية بعض المواد الكيميائية والمذيبات قبل تعرضها للأشعة المسببة للتأين كأمثلة نموذجية تساعد القارئ على اخذ فكرة عامة عن نوعية التنقية المطلوبة في هذا المجال .

سادسا : تنقية الماء وتحضير الماء المقطر ثلاثياً :-

يمزج الماء المقطر العادي مع محلول برمنجنات البوتاسيوم القاعدية في ورق التقطير الأول وعند الغليان يمرر بخار الماء داخل أنبوب من السيليكا مسخن الى درجة (700) مئوية ثم يكثف بعد خروجه من الأنبوب في ورق التقطير ثاني يحتوى على محلول دايكرومات البوتاسيوم الحامضية بعدئذ يمرر البخار داخل أنبوب ثانى من السيليكا ومسخن الى نفس درجة الحرارة الأنبوب الأول .

ثم يكثف بعد خروجه من هذا الأنبوب في ورق ثالث مجهز بأنبوب جانبي يحتوى على مادة الكربون الفعالة (لغرض التنفيس) وذلك لخرن الماء المقطر ثلاثياً . يمرر تيار من غاز الأوكسجين في الجهاز خلال فتحة جانبية في ورق البرمنجنات لكي يمنع حدوث التسخين العالي (Superheating) بالإضافة إلى تهشيم فقاعات الغليان الكبيرة .

وان الغرض من إمرار خليط بخار الماء والأكسجين فى أنبوبي السيليكا المسخنين هو حرق المواد العضوية المتواجدة فى الخليط البخاري . وهناك طريقة ثانية لتنقية الماء وذلك بتعرضه للأشعة المؤينة (وعادة أشعة جاما) وبعد ذلك تعرضه للأشعة فوق البنفسجية وذلك للتخلص من بيروكسيد الهيدروجين المتكون نتيجة تعرضه للإشعاع الأول ويحضر أنقى أنواع الماء بواسطة تعرضه للأشعة الالكترونية تحت ضغط غاز الهيدروجين العالي .

سابعا : تنقية الهيدرازين السائل : -

ان أكثر أنواع الهيدرازين التجارية نقاء هو الذي تكون درجة نقاوته على وجه التقريب مساوية الى 98 % والشوائب الرئيسية المتواجدة هي ثاني اوكسيد الكربون والماء والانيلين والطولوين . وتتم عملية التنقية على ثلاث مراحل كما يلي :

(أ) المرحلة الاولى - اعادة البلورة التجزيئية : -

يبلور ثلثي حجم نموذج الهيدرازين السائل بواسطة حمام يحتوى على مزيج من الثلج والملح ويهمل فى هذه المرحلة شوائب الانيلين و الطولوين الى حد كبير جدا .

(ب) المرحلة الثانية -

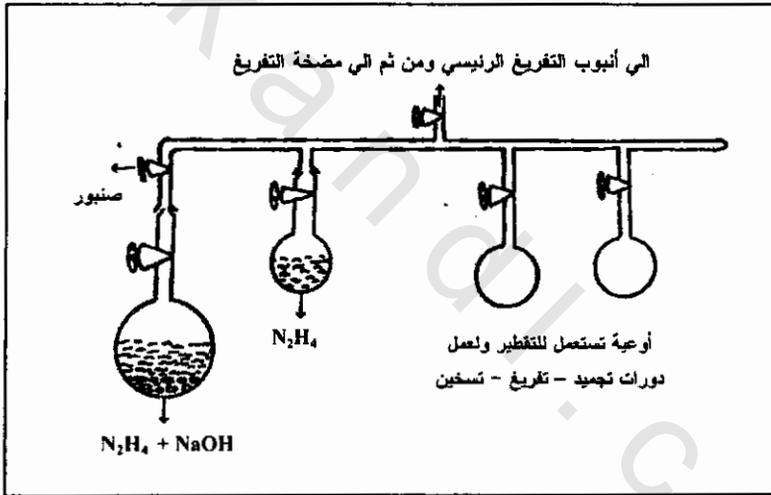
بوضع الهيدرازين المنقى بالمرحلة الأولى فى دورق يحتوى على زيادة من هيدروكسيد الصوديوم الصلب النقي ثم يربط الدورق بجهاز أنابيب التفريغ وذلك لسحب الغازات المتواجدة فى الدورق بواسطة ثلاث دورات تجميد - تفريغ - تسخين إلى درجة حرارة الغرفة (freeze - pump - thaw cycles) .

وفى كل دورة من هذه الدورات يجمد نموذج الهيدرازين بواسطة حمام النيتروجين السائل ثم نسحب الغازات بشدة بواسطة مضخة التفريغ المرتبطة فى طرف جهاز أنابيب التفريغ ثم يغلق صنوبر الدورق ويسخن الهيدرازين المتجمد الى ان يرجع الى الحالة السائلة وذلك برفع حمام التبريد .

وبعد الانتهاء من عمل هذه الدورات الثلاث يترك نموذج الهيدرازين فى حالة الاستقرار لمدة ثلاثة أيام . تختزل فى هذه المرحلة شوائب الماء وثاني أكسيد الكربون وتختزل الشوائب بصورة عامة بعد إجراء المرحلتين الأولى والثانية من التنقية الى 1 % أى تصبح درجة نقاوة الهيدرازين على وجه التقريب 99 % .

(ج) المرحلة الثالثة :-

يقطر الهيدرازين تحت ضغط مخلخل من وعائه الذي يحتوى على هيدروكسيد الصوديوم إلى وعاء آخر بجانبه ومرتبطة أيضا بجهاز أنابيب التفريغ وبعد سحب الغازات يغلّق صنوبر الوعاء الثاني ويفصل عن جهاز الأنابيب التفريغ ثم يعرض لأشعة جاما من مصدر (كوبلت -60) لمدة يوم واحد . وبذلك تصبح درجة نقاوة الهيدرازين بعد إجراء عملية التنقية فى المرحلة الثالثة من مراحل التنقية حوالى 99.98% عندئذ يكون جاهزا للعمل ، شكل تخطيطا لجهاز تنقية الهيدرازين .



رسم تخطيطى يوضح تنقية الهيدرازين

ثامنا : تنقية سائل الأمونيا :-

ان درجة نقاوة نموذج سائل الامونيا تقدر بحوالي 99.9 وتشمّل الشوائب الرئيسية على غاز الأوكسجين والنيتروجين وثاني اوكسيد الكربون والماء . ويتم تنقية الامونيا السائلة على مرحلتين كما يلي :-

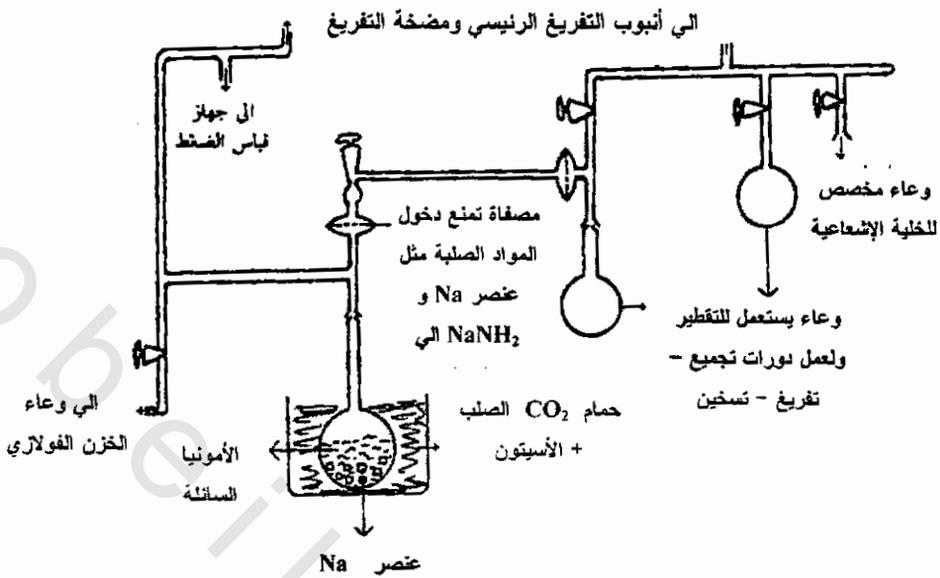
(أ) المرحلة الاولى :-

تتقية كمية من الامونيا السائلة من الاسطوانة التجارية المجهزة الى وعاء خزن فولاذي يحتوى على عدد من قطع معدن الصوديوم البراقة بواسطة أنبوب مطاطي مقاوم للضغط يرتبط من طرفه الأول فى منظم مرور غاز الاسطوانة التجارية ومن طرفه الثاني فى الصنبور الأول لوعاء الخزن الفولاذي .

وخلال انتقال الأمونيا يبقى الصنبور الثاني لوعاء الخزن الفولاذي مفتوحا وذلك للتفيس . وان من خصائص هذا الوعاء الفولاذي مقاومته للضغط البخاري للامونيا السائلة والبالغ حوالي (11) ضغط جو ، بعد ان تتم عملية تتقية منظم مرور غاز الاسطوانة ثم صنبوري الوعاء الفولاذي على التوالي ثم تبقى الامونيا هذه فى حالة استقرار لمدة يومين . تتخلص الامونيا فى هذه المرحلة من معظم شوائب الماء وثاني اوكسيد الكربون بواسطة تفاعلها مع عنصر الصوديوم ويتولد غاز الهيدروجين نتيجة تفاعل الامونيا مع عنصر الصوديوم .

(ب) المرحلة الثانية :-

قبل البدء فى هذه العملية يفتح الصنبور الثاني للوعاء الفولاذي لمدة خمسة ثواني للتخلص من غاز الهيدروجين المتكون ، تنقل الامونيا السائلة من وعاء الخزن الفولاذي - على شكل غاز فقط - إلى وعاء يحتوى على عدد قليل من قطع معدن الصوديوم البراقة ومرتبطة بجهاز أنابيب التفريغ ومفرغا تفريغا تاما من الهواء كما فى الشكل التالي :-



ويتم نقل الأمونيا بواسطة أنبوب مطاطي مقاوم للضغط او زجاجي يرتبط من طرفه الأول في الصنبور الثاني لوعاء الخزن الفولاذي ومن طرفه الثاني بالوعاء المرتبط بجهاز التفريغ . يوضع حمام ثاني اوكسيد الكربون الصلب المخلوط بالأسيتون (درجة حرارته 78 مئوية وهذه تساوى درجة انجماد الأمونيا) حول الوعاء كما في الشكل .

ثم تنظم فتحة الصنبور الثاني لوعاء الخزن الفولاذي بحيث يكون ضغط تدفق غاز الامونيا معادلا إلى (500) تور عندئذ تبدأ الامونيا بالانجماد في الوعاء بصورة منتظمة ثم يخلق الصنبور بعد انتقال الكمية المطلوبة من الامونيا الى الوعاء بعدئذ يفصل وعاء الخزن الفولاذي .

ثم يطرد غاز الأوكسجين والنيتروجين والهيدروجين من الامونيا المخزونة في الوعاء بواسطة إجراء أربع إلى خمس دورات تجميد وتفريغ وتسخين كالتي عملت في حالة تنقية الهيدرازين بعدئذ تقطر الأمونيا من وعائها الى وعاء ثاني بجوار الوعاء الأول وتحت ضغط المنخفض جدا داخل أنابيب التفريغ عندئذ تصبح جاهزة للعمل .

وتستعمل هذه الطريقة بعد تحويل بسيط لتنقية معظم الأمينات الأولية والثانوية والثالثية والتي يتراوح عدد ذرات الكربون في الأمين الواحد من ذرة واحدة الى اربع ذرات . وفي حالة الأمين المثلي والاثلي والداي مثلي يفضل استعمال عنصر البوتاسيوم فى التنقية بدلا من عنصر الصوديوم لقلة فعالية الأخير تجاه الأمينات .

تاسعا : تنقية غاز اوكسيد النتروز :-

يعتبر غاز اوكسيد النتروز من المركبات الكيميائية ذات الأهمية البالغة فى الكيمياء الإشعاعية اذ فضلا من استعماله كنظام لقياس جرعة الإشعاع فهو مادة فعالة تجاه الالكترونات المحررة فى عمليات التحلل الإشعاعي اى انه مادة كاسحة للالكترونات (**Electron Scavenger**) .

ينقى غاز اوكسيد النتروز بإمراره داخل أنبوب يحتوى على هيدروكسيد الصوديوم الصلب وذلك لإزالة جزئيات الماء وثنائي اوكسيد الكربون ثم تقطير الغاز فى حالته السائلة من وعائه الى وعاء آخر تحت ضغط منخفض جدا وبعد وضع حمام يحتوى على النيتروجين المسال حول الوعاء الثانى ورفع الحمام من حول الوعاء الأول ، وتعرف هذه العملية بالتقطير من وعاء - إلى - وعاء **blub to- bulb distillation**) ثم تعاد هذه العملية ثلاث مرات بعدئذ تطرد جميع الغازات غير القابلة للتكثيف من غاز اوكسيد النتروز بإجراء ثلاث دورات تجميد وتبريد وتسخين ثم يؤخذ الجزء الوسطي من الغاز فقط عندئذ يصبح الغاز نقيا وجاهزا للعمل .

عاشرا : تنقية غاز اوكسيد النترك :-

يعتبر غاز اوكسيد النترك من المواد الكاسحة الجيدة جدا للالكترونات والجنور الحرة بنفس الوقت وينقى هذا الغاز بإمراره داخل أنبوب يحتوى على مادة جيل السيليكا المبرد الى درجة 78 مئوي . وذلك لتجميد جميع الغازات اوكسيد النيتروجين عدا

او كسيد النترك نفسه وغاز النيتروجين . يطرد غاز النيتروجين من الخليط بواسطة ثلاث عمليات تقطير من وعاء الى وعاء يتبعها ثلاث دورات تجميد وتفرغ وتسخين ثم يؤخذ الجزء الوسطي من الغاز فقط .

أحدى عشر : تنقية المواد العضوية السائلة والصلبة :-

تستعمل هذه المواد كمواد مضافة الى النظام كاسحة للاكترونات او للجذور الحرة أو أن تستعمل كمحيطات للتحلل الإشعاعي وتتقى المواد العضوية السائلة بطريقة التقطير التجزئى وعند ثبوت درجة حرارة التقطير عند درجة غليان السائل يهمل الثلث الأول والثالث ويؤخذ الثلث فقط من كمية السائل المقطرة . اما المواد الصلبة فتتقى بواسطة التسامي تحت ضغط مخلخل او بواسطة إعادة التبلور وفي الحالة الثانية يجب إعادة العملية ثلاث مرات علي الأقل وتستعمل المادة بعد تجفيفها من المنيب جيدا .

اثنى عشر : غسل خلال نماذج التعرض للإشعاع :-

تغسل خلايا نماذج التعرض للإشعاع والأوعية التي تستعمل لخرن الماء المقطر ثلاثيا ومحاليل قياس جرعة الإشعاع بواسطة ملئها بحامض البرمنجنيك (محلول ذو لون اخضر) وتركها لمدة نصف ساعة ، يزيل هذا الحامض السحري جميع المواد العضوية والمواد القابلة للتأكسد العالقة على سطح الزجاج الداخلي للوعاء بكفاءة وسرعة عاليتين .

ويحضر الحامض بإضافة حامض الكبريتيك المركز المضاف اليه بضع قطرات من الماء المقطر الى كأس يحتوى على عدد قليل من بلورات برمنجنات البوتاسيوم . ويجب ان يكون الحامض ذا لون اخضر وإذا كان لونه بنفسجيا او قهوائيا فيجب إهماله وتحضير غيره . ويكون هذا الحامض خطرا جدا اذا كان جافا ولذلك يجب إضافة بضع قطرات من الماء المقطر الى حامض الكبريتيك المركز وذلك لكي لا

يصبح جافا هذا من جهة ومن جهة ثانية إذا كانت كمية الماء المضاف غير قليلة يصبح لون المحلول بنفسجيا وغير فعال.

بعد ان تفرغ الخلية او الوعاء من حامض البرمنجنك تملأ مرة ثانية بمحلول 1 : 1 حجما من حامض النتريك المركز / بيروكسيد الهيدروجين (20 حجما) وتركها لمدة ثلاث ساعات وذلك للتخلص من اكاسيد المنجنيز التي قد تترسب وتلتصق بسطح الزجاج الداخلي للخلية او الوعاء ، وبعدئذ تفرغ من خليط حامض النتريك المركز / بيروكسيد الهيدروجين وتُشطف خمس عشرة مرة بالماء المقطر ثلاثيا ثم تجفف بالفرن الكهربائي بدرجة (120) مئوية لمدة اربع وعشرين ساعة عندئذ تكون الخلية جاهزة لمثلها بالنموذج المراد تحلله إشعاعيا .

الأسئلة

- 1- بين بالتفصيل بعض الوحدات المستعملة في الكيمياء الإشعاعية العملية .
- 2- اكتب مذكرات علمية عن :
 - أ- الناتج الكيميائي للإشعاع .
 - ب- ناتج المزوج الأيوني .
 - ج- الأنظمة الغازية وقيم w و M/N .
- 3- اذكر مع الشرح الأنظمة المختلفة التي تستخدم في قياس جرعة الإشعاع .
- 4- اشرح ميكانيكية التفاعل الذي يحدث في نظام فرك لقياس جرعة الإشعاع .
- 5- اذكر مع الشرح ميكانيكية التفاعل في نظام أكسيد النتروز .
- 6- تكلم بالتفصيل عن نظام سيانيد البوتاسيوم لقياس جرعة الإشعاع في التحلل بالنبيض الإشعاعي .
- 7- اكتب مذكرات ولفية عن :
 - أ- تنقية المواد المستعملة في التجارب الكيميائية الإشعاعية .
 - ب- غسل الأجهزة الزجاجية .
- 8- اشرح طريقة تنقية الماء وتحضير الماء المقطر ثلاثياً .
- 9- بين بالشرح والتحليل مراحل تنقية الهيدرازين السائل . وكذلك تنقية سائل الأمونيا .

10- اكتب مذكرات علمية عن :

- أ- تنقية الناتج الكيميائي للاشعاع .
- ب- تنقية غاز أكسيد النترينك .
- ج- تنقية المواد العضوية السائلة والصلبة .
- د- غسل خلايا نماذج المعرض للاشعاع .