رقم الصفحة في الكتاب	رقم السطر	قبل التصحيح	بعد التصحيح
9	ما قبل الأخير	$\square\square Ru \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{92}_{43}Tc + \cdots\cdots$	$\square\square Ru + {}^{0}_{-1}e \longrightarrow {}^{92}_{43}Tc + \cdots\cdots$
20	16	${}^{220}_{86}Rn \longrightarrow {}^{216}_{84}Mo + \cdots + \cdots$	${}^{220}_{86}Rn \longrightarrow {}^{216}_{84}Po + \cdots + \cdots$
26	الخط البياني	$\frac{1}{P}(atm^{-1})$ — $V(ml)$	$V(ml)$ — $\frac{1}{P}(atm^{-1})$
31	8	شغل مول ..... مع الضغط والحرارة	شغل مول ..... مع الضغط ودرجة الحرارة
34	3	$R = 0.082\ atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot L^{-1}$	$R = 0.082\ atm \cdot L \cdot mol^{-1} \cdot {}^{\circ}K^{-1}$
47		$\left[Br\text{---}\overset{H}{\overset{|}{C}}\text{---}OH \right]^{-}$ (H, H)	
54	1	حساب السرعة اللحظية بيانياً	حساب السرعة اللحظية رياضياً
67	9	$Q = \cdots\cdots = 4$	$Q = \cdots\cdots = 8$
69	ما قبل الأخير	$2HI_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + I_{2(g)}$	$2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$
77	3	2- اكتب عبارة ..... K_c	2- اكتب عبارة ..... K_p
77	20	رابعاً: حل المسائل الآتية	سابعاً: حل المسائل الآتية
81	13	2- لدينا الخط ..... $\frac{1}{2}N_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons NO$	2- لدينا الخط ..... $NO \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_2 + \frac{1}{2}O_2$
104	11	مركب ضعيف ..... ويصبح $Q > K_{sp}$	مركب ضعيف ..... ويصبح $Q < K_{sp}$
105	9	$Q(AgCl) = [4\times10^{-5}][1.5\times10^{-5}] = 6.0\times10^{-5}$	$Q(AgCl) = [4\times10^{-5}][2.5\times10^{-5}] = 10\times10^{-10}$
108	24	4- استتبع العلاقة ..... حمض السيانيد K_b	4- استتبع العلاقة ..... حمض السيانيد K_a
128	20	$Ca(OH)_2 \leftarrow HCOONa \leftarrow NaCl \leftarrow NH_4NO_3 \leftarrow HCl - C$	$Ca(OH)_2 \rightarrow HCOONa \rightarrow NaCl \rightarrow NH_4NO_3 \rightarrow HCl - C$
131	1	المسألة الرابعة: تذاب كمية مقدارها (1.386g) من حمض الأوكزاليك بحجم مناسب من الماء المقطر فنحصل على محلول حمض الأوكزاليك المائي صيغته $H_2C_2O_4 \cdot nH_2O$ فإذا علمت	المسألة الرابعة: تذاب كمية مقدارها (1.386g) من حمض الأوكزاليك المائي صيغته $H_2C_2O_4 \cdot nH_2O$ بحجم مناسب من الماء المقطر فإذا علمت .....
131	11	المحلول السابق تدريجياً محلول ملح نترات الفضة	المحلول السابق تدريجياً ملح نترات الفضة

الوحدة جدول تصويب الأخطاء في الكتاب

رقم الصفحة في الكتاب	رقم السطر	قبل التصحيح	بعد التصحيح
145	21	3- ... -2- ... ، البوتانول - 1 - ول	3- ... -2- ... ، البوتان - 1 - ول
146	14	(H:1 ، O:16 ، C:12)	(H:1 ، O:16 ، C:12)
152	ماقبل الأخير	درجة غليان ---- لأن $C=O$ قطبية الرابطة في	درجة غليان --- لأن قطبية الرابطة $C=O$ في
166	18	$R-COOH + H_2O \rightleftharpoons R-COO^- + H_2O$	$R-COOH + H_2O \rightleftharpoons R-COO^- + H_3O^+$
171	3	1- يرجع حمض ------ الإيثانال بوجود	1- يرجع حمض ------ الإيثانال بالهيدروجين بوجود
185	21	a - ---- b -	a - ---- b -
193	12	4- للحصول على (10L) من محلول متيل الأمين ----	4- للحصول على (10L) من محلول ميثان أمين ----
193	20	يُعدّ التلوين من الأمنيات -----	يُعدّ الأثيلية من الأمنيات -----
195	17	محلول حمض ------ 5×10^{-5} المطلوب	محلول حمض ------ 2×10^{-5} المطلوب

ISKANDAROUN

« مراجعة للوحدات 1+2+3+4 »

1- بنية الذرة : تتكوّن المادة من ذرات أو جزيئات أو أيونات
وتتألف الذرة من نواة ذات شحنة موجبة تدور حولها الإلكترونات ذات الشحنة السالبة في سويّات طاقة محددة (مدارات).
يوجد داخل النواة نوعين من الجسيمات هما البروتونات (ذات شحنة موجبة) ، ونيترونات (معتدلة الشحنة) وتدعى هذه الجسيمات نوكليونات.

نعرّف : العدد الكتلي (A) = عدد البروتونات + عدد النيترونات = عدد النوكليونات

العدد الذري (Z) = عدد البروتونات

لذلك : عدد النيترونات (N) = عدد الكتلة (A) - العدد الذري (Z)

يرمز للنواة أي عنصر برمز العنصر نفسه على أن نضع على يسار الرمز عددين أحدهما سفلي ويشير للعدد الذري (Z) والآخر علوي ويشير لعدد الكتلة (A)

أمثلة : ① رمز نواة الأكسجين $^{16}_{8}O$ ، ② رمز نواة الصوديوم $^{23}_{11}Na$ ، .....

$^{16}_{8}O$: 8 نترون ، $^{23}_{11}Na$: 12 نترون

والذرة متعادلة كهربائياً حيث يكون فيها دوماً : عدد البروتونات = عدد الإلكترونات
وشحنة البروتونات = شحنة الإلكترون بالقيمة المطلقة = 1.6×10^{-19} C (كولوم)

وسويّات الطاقة الرئيسية التي تتوزع عليها إلكترونات الذرة هي K ، L ، M ، N ، O ، P ، Q
وتتسع كل سوية طاقية رئيسية لعدد أعظمي من الإلكترونات مقداره $(2N^2)$ حيث N : رقم السوية الطاقية الرئيسية

$N=1$ ⇐ تتسع السوية الطاقية الرئيسية الأولى لـ $2(1)^2=2$ إلكترون
$N=2$ ⇐ = = = = الثانية لـ $2(2)^2=8$ إلكترون ... وهكذا ...

2- جدول التصنيف الدوري : صنّف العلماء العناصر الكيميائية في جدول دعي جدول التصنيف الدوري والفائدة من هذا التصنيف تسهيل حفظ خواصّ تلك العناصر وقد رتبت العناصر في هذا الجدول وفق تزايد عددها الذري (Z)

تتألف جدول التصنيف الدوري من :

- سبعة أسطر (تدعى الأدوار) : حيث رقم السطر (أي رقم الدور) يشير لعدد سويّات الطاقة الرئيسية التي يحوي العنصر في هذا الدور
- ومن ثمانية أعمدة من النوع (A) (تدعى المجموعات) : حيث رقم العمود (أي رقم المجموعة) يشير لعدد الإلكترونات في السوية الطاقية الرئيسية السطحية (المدار الأخير في الذرة)

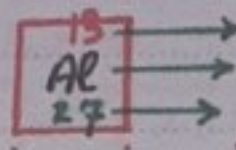
ومنه معرفة موقع العنصر في الجدول يمكننا التنبؤ ببنيته الإلكترونية

أمثلة : ① عنصر الأكسجين موجود في الدور الثاني ، والمجموعة السادسة .
وهذا يعني أنه يحوي على سويتين طاقيتين رئيسيتين ، وتحوي الطبقة السطحية على ستة إلكترونات
تركيبه الإلكتروني 2/6

ذرة O

② عنصر الصوديوم موجود في الدور الثالث والمجموعة الأولى .
وهذا يعني أنه يحوي على ثلاث سويات طاقية رئيسية ، وتحوي الطبقة السطحية على الكترون واحد
تركيبه الإلكتروني 2/8/1

ذرة Na



IA	IIA	IIIB	IVB	VB	VIB	VIIB	VIII B		IB	IIB	IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	أو VIIIA 0
1 H 1																2 He 4
3 Li	4 Be										5 B	6 C 12	7 N 14	8 O 16	9 F	10 Ne
11 Na 23	12 Mg 24										13 Al 27	14 Si	15 P	16 S 32	17 Cl 35.5	18 Ar
19 K 39	20 Ca 40	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe 56	27 Co	28 Ni	29 Cu 63.5	30 Zn 65	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag 108	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba 137	57-70 ★	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au 197	80 Hg 200	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89-102 ★★	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt									

اللانثنيدات ★	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nb	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb
الأكتنيدات ★★	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 NP	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 BK	98 Cf	99 ES	100 Fm	101 Md	102 No

TEKANDAROUN

المجموعة الأولى IA : تدعى المعادن القلوية وتضم (الليثيوم Li ، الصوديوم Na ، ....) وتحوي جميعها على الكترون سطحي واحد
" الثانية IIA : و " بالمعادن القلوية الترابية وتضم (بيريليوم Be ، مغنزيوم Mg ، ...) " " " الكترونيه في الطبقة السطحية
" السابعة VIIA : و " بالهالوجينات وتضم (الفلور F ، الكلور Cl ، ...) وتحوي جميعها على سبعة إلكترونات " " "
" الثامنة VIIIA أو 0 : وتدعى بالغازات النادرة وتضم (الهليوم He ، النيون Ne ، ...) وتحوي جميعها على
ثمانية الكترونات في الطبقة السطحية ما عدا الهليوم حيث يحوي على الكترونيه في طبقته السطحية
أي أن الطبقة السطحية في جميع عناصر هذه المجموعة تكون مشبعة

- عناصر المجموعات IA ، IIA ، IIIA تميل إلى فقد (منح) الكترون أو أكثر وتتحول إلى أيونات ذات شحنه كهربائية موجبة . مثل : $Na - e \longrightarrow Na^+$ ، $Mg - 2e \longrightarrow Mg^{2+}$ ، $Al - 3\bar{e} \longrightarrow Al^{3+}$
فيقال عنها عناصر هذه المجموعات أنها عناصر كهربية .
- عناصر المجموعات VA ، VIA ، VIIA تميل إلى كسب الكترون أو أكثر وتتحول إلى أيونات ذات شحنه كهربائية سالبة . مثل : $Cl + \bar{e} \longrightarrow Cl^-$ ، $O + 2\bar{e} \longrightarrow O^{2-}$ ، $N + 3\bar{e} \longrightarrow N^{3-}$
فيقال عنها عناصر هذه المجموعات أنها عناصر كهربية سلبية .

وكلما كانت العنصر أشد قدرة على كسب الإلكترونات كانت أشد كهرسلبية
" " " " " فقد " " كهرجابية (أضعف كهرسلبية)

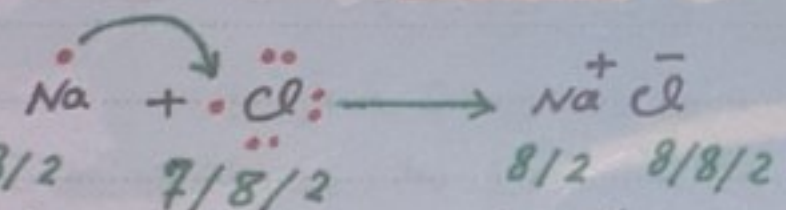
أشد العناصر كهرسلبية هو الفلور (F) وكهرسلبيته تساوي (4)
و " " كهرجابية (أضعف كهرسلبية) هو الفرانسيوم (Fr) وكهرسلبيته تساوي (0.6)
وتتراوح كهرسلبية باقي العناصر بينه (0.6 و 4).

تزداد الكهرسلبية من يسار جدول التصنيف إلى يمينه، ومن أسفله إلى أعلاه
وتتناقص " يمينه " " يساره، " أعلاه " أسفله

3- أنواع الروابط الكيميائية : الغاية من إتحاد العناصر مع بعضها هو إكمال طبقتها السطحية بثمانية إلكترونات. حيث يصبح التركيب الإلكتروني لكل عنصر مطابقاً للتركيب الإلكتروني لأقرب غاز نادر له في جدول التصنيف الدوري. ويتم ذلك إما عن طريق كسب (أو خسارة) العنصر للإلكترون أو أكثر والتحول للأيون ذو شحنة سالبة (أو موجبة)، وإما عن طريق المشاركة على زوج إلكتروني أو أكثر.

P- الرابطة الأيونية : تتشكل هذه الرابطة بين ذرتين مختلفتين جداً بالكهرسلبية (فرق الكهرسلبية بينهما أكبر من 1.7) حيث تقوم الذرة ضعيفة الكهرسلبية بفقد الكترون أو أكثر وتتحول إلى أيون ذو شحنة موجبة، وتقوم الذرة شديدة الكهرسلبية بكسب الكترون أو أكثر وتتحول إلى أيون ذو شحنة سالبة وينشأ بينهما هذين الأيونين قوى تجاذب كهربائي تدعى بالرابطة الأيونية (أو الكهربائية أو الشاردية)

مثال : تشكل ملح كلوريد الصوديوم :



ومعاليل المركبات الأيونية تنقل التيار الكهربائي لاحتوائها على أيونات حرة، لذلك يقال عنها أنها محاليل إلكتروليتية

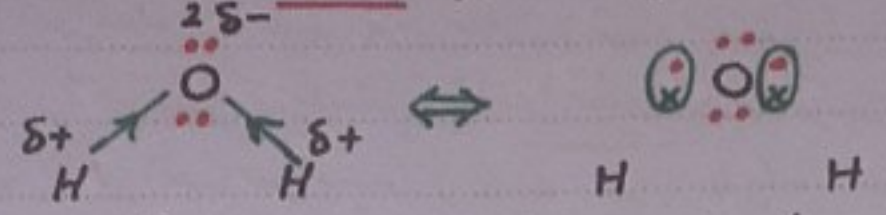
ب- الرابطة المشتركة : تتشكل هذه الرابطة بين ذرتين متماثلتين بالكهرسلبية تقريباً (فرق الكهرسلبية بينهما أصغر من 0.3) حيث تشترك هاتان الذرتان على زوج إلكتروني أو أكثر ويشار لهذا الزوج (لهذه الرابطة) بخط (—)

مثال ① : جزيء الكلور Cl_2 ⇔ $:\ddot{Cl}-\ddot{Cl}:$ ⇔ $Cl-Cl$ رابطة مشتركة احادية (بسيطة)
مثال ② : " الأكسجين O_2 ⇔ $:\ddot{O}=\ddot{O}:$ ⇔ $O=O$ " " ثنائية (مزدوجة أو مضاعفة)
مثال ③ : " الآزوت N_2 ⇔ $N\equiv N$ " " ثلاثية

المركبات ذات الرابطة المشتركة لا تنقل التيار الكهربائي لعدم احتوائها على أيونات

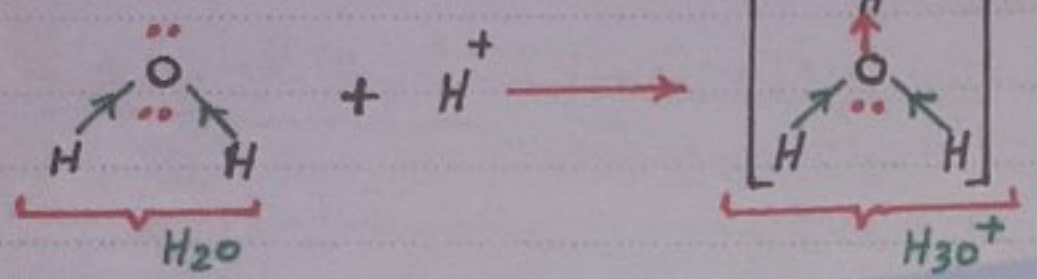
د- الرابطة المشتركة القطبية : تتشكل هذه الرابطة بين ذرتين مختلفتين قليلاً بالكهرسلبية (فرق الكهرسلبية بينهما من 0.3 إلى 1.7) حيث تشترك هاتان الذرتان على زوج إلكتروني أو أكثر

سينزاح هذا الزوج نحو الذرة الأشد كهرسلبية فتظهر عليها شحنه جزئيه سالبه ($\delta-$)
بينما تظهر على ← الأضعف ← شحنه جزئيه موجبة ($\delta+$)
ويشار لهذه الرابطه بـ ($\rightarrow$) حيث يشير السهم لجهة انزياح الزوج الالكتروني

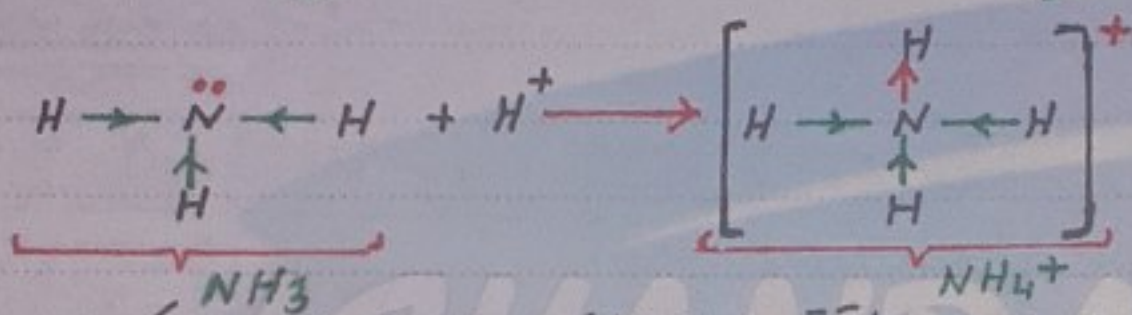
مثال: الماء H_2O $\Leftrightarrow$ 

د- الرابطة المشتركة البسيطة: تتشكل هذه الرابطة بسبب ذرتين مشتركتين على زوج الكتروني قدمته إحدى الذرتين وتدعى بالذرة المانحه، بينما تقدم الذرة الأخرى مداراً فارغاً وتدعى بالذرة الآخذه، ويشار لهذه الرابطة بسهم ($\rightarrow$) يتجه من الذرة المانحه إلى الذرة الآخذة

مثال ①: تشكل أيون الهيدرونيوم (H_3O^+):

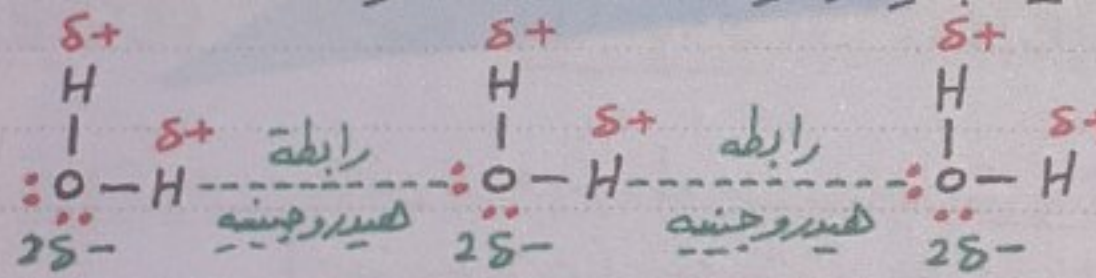


مثال ②: تشكل أيون الأمونيوم (NH_4^+):



هـ- الرابطة الهيدروجينية: تتشكل هذه الرابطة عندما تقع ذرة (H) بين ذرتين شديدتي الكهرسلبية مثل (F، Cl، O، N) وتكون ذرة (H) مرتبطة مع احدى هاتين الذرتين برابطة مشتركة قطبية. عندئذ ترتبط ذرة (H) مع الذرة الأخرى برابطة تدعى بالرابطة الهيدروجينية ويشار لها بخط منقط (.....) وتحتاج لتحطيمها لطاقة اضافية لذلك المركبات التي تحوي على هذه الرابطة بين جزيئاتها يكون لها درجات غليان مرتفعة.

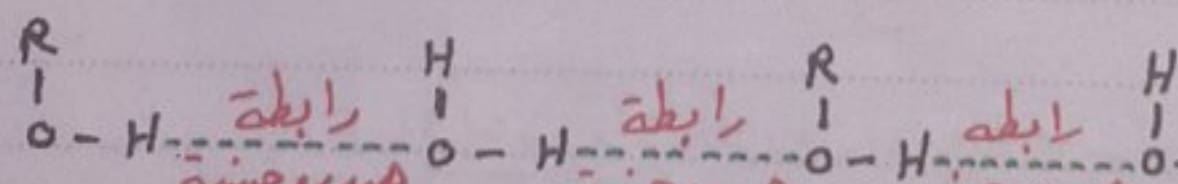
مثال: الماء:



لذلك الماء (وبسبب وجود الروابط الهيدروجينية بين جزيئاته) يكون سائلاً في الدرجة العادية من الحرارة وله درجة غليان مرتفعة مقارنة مع أقرانه (غاز كبريتيد الهيدروجين H_2S، غاز النشادر NH_3).

كذلك مزوجية المركبات في الماء (انحلالها في الماء) يفسر بتشكل روابط هيدروجينية بين جزيئات هذه المركبات وجزيئات الماء.

مثال: مزوجية الأغوال في الماء:



4- التحاليل : التركيز المولاري (أو المولي) لمادة : « هو عدد المولات المنحلة من هذه المادة في ليتر واحد من محلولها »

ويحسب من العلاقة $C = \frac{n}{V}$ حيث n : عدد المولات المنحلة من المادة (mol)
V : حجم المحلول (L) ، C : التركيز المولي ($mol.L^{-1}$)

التركيز الغرامي لمادة : « هو الكتلة المنحلة من هذه المادة في ليتر من محلولها »

ويحسب من العلاقة $C = \frac{m}{V}$ حيث m : الكتلة المنحلة من المادة (g)
V : حجم المحلول (L) ، C : التركيز الغرامي ($g.L^{-1}$)

للتحويل من mol إلى g نضرب بالكتلة المولية للمادة (M) . أي $m = n \cdot M$
و " " g " mol " " الكتلة " (M) . أي $n = \frac{m}{M}$

- عندما نمدد محلول مادة ما بالماء المقطر فإن حجم المحلول يزداد وبالتالي تركيزه ينقص أما عدد مولات المادة في المحلول فلا يتغير . أي : ($n = \bar{n}$ عدد مولات المادة في المحلول بعد التمديد) (عدد مولات المادة في المحلول قبل التمديد)

$C \cdot V = \bar{C} \cdot \bar{V}$

حيث C : تركيز المادة في محلولها قبل التمديد ، V : حجم المحلول قبل التمديد
$\bar{C}$: " " " بعد " ، $\bar{V}$: " " " بعد "

ويكون :

$V - \bar{V} =$ حجم الماء المقطر المضاف

مسألة : نذيب (0.01 mol) من حبّات هيدروكسيد البوتاسيوم KOH في الماء المقطر بحيث يصبح حجم المحلول 200ml . المطلوب : 1- احسب تركيز هذا المحلول مقدراً ($mol.L^{-1}$) ثم ($g.L^{-1}$)
2- ما حجم الماء المقطر الواجب اضافته إلى (50 ml) من هذا المحلول ليصبح تركيز المحلول ($0.02\ mol.L^{-1}$)
($K=39$ ، $O=16$ ، $H=1$)

الحل : 1- $C = \frac{n}{V} \Leftarrow C = \frac{0.01}{200 \times 10^{-3}} \Leftarrow C = 0.05\ mol.L^{-1}$

نحول هذا التركيز إلى ($g.L^{-1}$) بضربه بالكتلة المولية لهيدروكسيد البوتاسيوم وهي $M(KOH) = 56\ g$

$\Leftarrow C = 0.05 \times 56 \Leftarrow C = 2.8\ g.L^{-1}$

2- (عدد مولات KOH بعد التمديد) $\bar{n} =$ (عدد مولات KOH قبل التمديد) n

$C \cdot V = \bar{C} \cdot \bar{V}$

$0.05 \times 50 \times 10^{-3} = 0.02\ \bar{V}$

$\bar{V}$ حجم المحلول بعد التمديد $\Leftarrow V = 125 \times 10^{-3}\ L = 125\ ml$

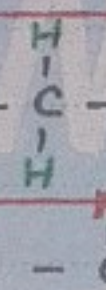
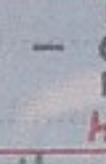
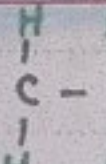
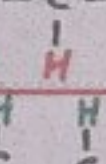
حجم الماء المقطر المضاف $= V - \bar{V} = 125 - 50 = 75\ ml$

« مراجعة الوحدة الخامسة (الكيمياء العضوية) »

1- الكيمياء العضوية : « هي فرع من الكيمياء يهتم بدراسة المركبات الحاوية على الكربون »
وأبسط المركبات العضوية هي المركبات الهيدروكربونية (أو الفحوم الهيدروجينية) التي تحوي على (C ، H) فقط . وتقسم هذه المركبات إلى :

2- مركبات هيدروكربونية مشبعة : وتضم طائفة الالكانات (البرافينات)
و = = الحلقية .
= = غير مشبعة : وتضم طائفة الألكينات (الأولوفينات)
و = الألكينات (الاستيلينات)
و = المركبات العطرية

2- طائفة الالكانات (البرافينات) : « وهي طائفة مشبعة (أي جميع روابطها أحادية بسيطة)، سلسلتها الكربونية مفتوحة، صيغتها العامة C_nH_{2n+2} حيث $n=1,2,3,\dots$ »

n	الصيغة المجملة	تسمية الطائفة وحسب الاتحاد الدولي	صيغة المنشورة	صيغة نصف المنشورة
1	CH_4	ميثان		$H-CH_3$
2	C_2H_6	ايثان		CH_3-CH_3
3	C_3H_8	بروبان		$CH_3-CH_2-CH_3$
4	C_4H_{10}	بوتان		$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$
5	C_5H_{12}	بنتان		$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
6	C_6H_{14}	هكسان		$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$

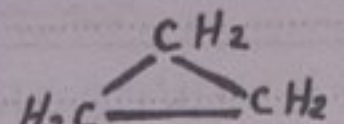
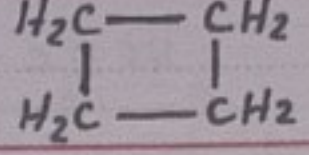
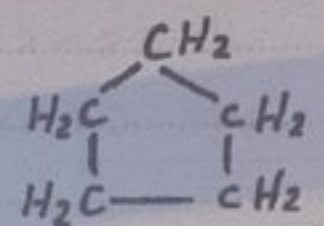
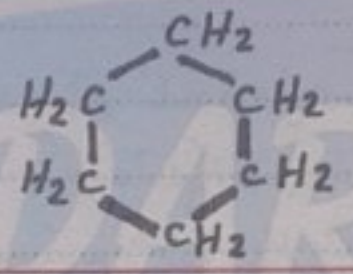
واضح من هذا الجدول أنه كل مركب يزيد عن المركب الذي قبله في الطائفة بـ $-CH_2-$

3- الجذور الألكيلية (R) : إذا حذفنا ذرة (H) من كل الكان حصلنا على جذره الألكيلي، لذلك الصيغة العامة للجذور الألكيلية C_nH_{2n+1} حيث $n=1,2,3,\dots$
وتسمى هذه الجذور بأسماء مركباتها على أن نستبدل النهاية (ان) بـ (يل)
أمثلة : CH_3- ميثيل ، CH_3-CH_2- (أو C_2H_5-) ايثيل ، $CH_3-CH_2-CH_2-$ (أو C_3H_7-) بروبيل ، ..... وهكذا .....

4- طائفة الالكانات الحلقية : « وهي مركبات مشبعة ، سلسلتها الكربونية مغلقة ، صيغتها العامة C_nH_{2n} حيث $n = 3, 4, \dots\dots$ »

وبسبب إغلاق السلسلة فإن هذه الطائفة تنقص عن طائفة الالكانات بذرتي (H) .

وتسمى مركبات هذه الطائفة بنفس أسماء مركبات طائفة الالكانات الموافقة (التي تحوي على العدد نفسه من ذرات الكربون) على أنه تسبق الاسم كلمة حلقي .

n	الصيغة المجملة	الصيغة نصف المنشورة	التسمية حسب الاتحاد الدولي IUPAC
3	C_3H_6		حلقي البروبان
4	C_4H_8		حلقي البوتان
5	C_5H_{10}		حلقي البنتان
6	C_6H_{12}		حلقي الهكسان

5- طائفة الألكينات (الأولوفينات) : « وهي طائفة عديد مشبعة تحوي على رابطة ثنائية (مزدوجة ، مضاعفة) سلسلتها الكربونية مفتوحة ، صيغتها العامة C_nH_{2n} حيث $n = 2, 3, \dots\dots$ »

وبسبب وجود الرابطة الثنائية فإن هذه الطائفة تنقص عن طائفة الالكانات الموافقة بذرتي (H).

تسمى مركبات هذه الطائفة حسب الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية IUPAC بأسماء مركبات طائفة الالكانات الموافقة على أنه تستبدل النهاية (ان) بـ (ين) ثم نضيف لهذا الاسم رقماً هو رقم ذرة كربون الرابطة الثنائية

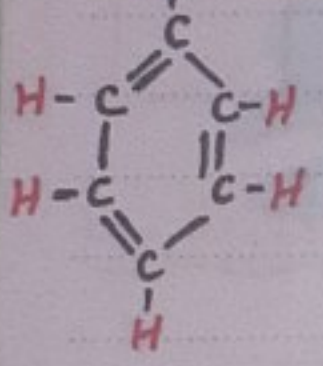
n	الصيغة المجملة	الصيغة نصف المنشورة	التسمية الشائعة	التسمية حسب الاتحاد الدولي
2	C_2H_4	$CH_2 = CH_2$	اتيلين	ايتين
3	C_3H_6	$CH_2 = CH - CH_3$	بروبيلين	بروبين
4	C_4H_8	$CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$ أو $CH_3 - CH = CH - CH_3$	بوتيلين - 1 بوتيلين - 2	بوتين - 1 بوتين - 2

6- طائفة الألكينات (الاستيلينات) : « وهي طائفة عديمة مشبعة تحوي على رابطة ثلاثية، سلسلتها الكربونية مفتوحة وبسبب وجود الرابطة الثلاثية فإن هذه الطائفة تنقص عن طائفة الالكانات الموافقة بأربع ذرات (H) صيغتها العامة C_nH_{2n-2} حيث $n=2,3,\dots$ »

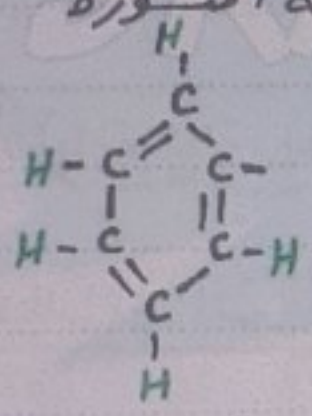
تسمى مركبات هذه الطائفة حسب الاتحاد الدولي IUPAC بأسماء مركبات طائفة الالكانات الموافقة على أنه تستبدل النهاية ( ) بـ ( ) ثم نضيف لهذا الاسم رقماً هو رقم ذرة كربون الرابطة الثلاثية .

n	الصيغة المجملة	الصيغة نصف المنشورة	التسمية الشائعة	التسمية حسب IUPAC
2	C_2H_2	$HC\equiv CH$	استيلين	ايين
3	C_3H_4	$HC\equiv C-CH_3$	ميثيل استيلين	بروبين
4	C_4H_6	$HC\equiv C-CH_2-CH_3$ أو $H_3C-C\equiv C-CH_3$	ايثيل استيلين ثنائي ميثيل استيلين	بوتين-1 بوتين-2

7- طائفة المركبات الهيدروكربونية العطرية : « وهي طائفة عديمة مشبعة تحوي على حلقة (خاتم) عطرية (بنزينية) وأبسط مركبات هذه الطائفة هو البنزن الذي صيغته المجملة C_6H_6 وصيغته المنشورة



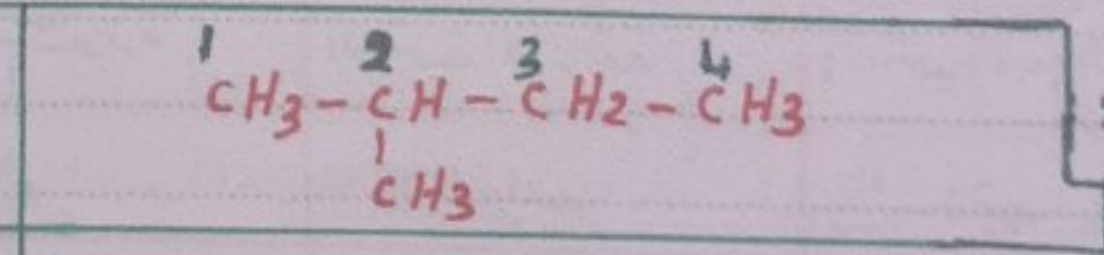
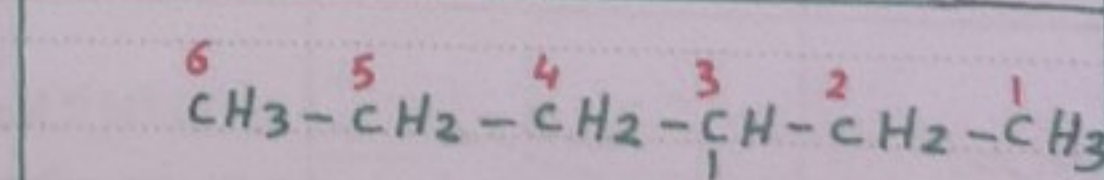
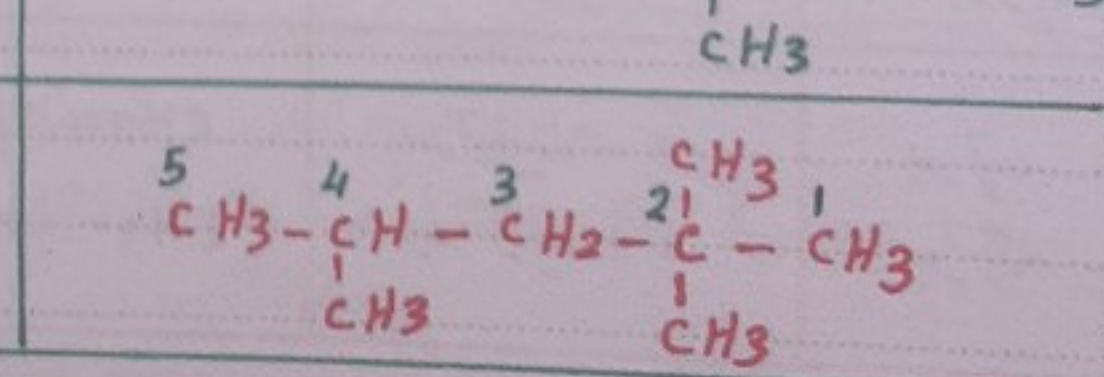
وإذا حذفنا ذرة (H) من مركبات هذه الطائفة حصلنا على ما يسمى بالجذور الأريلية (Ar) وأبسط جذر أريلي هو جذر الفنيل $-C_6H_5$ أو



8- تسمية المركبات الهيدروكربونية المشبعة حسب الاتحاد الدولي IUPAC :

1- نحدد أطول سلسلة كربونية في المركب ونرقم ذرات كربون هذه السلسلة بدءاً من الطرف الأقرب للتفرعات (المتبادلات)
2- نسمي كل فرع (متبادل) إذا وجد ونسبقه برقم ذرة الكربون المرتبط به في السلسلة
3- نسمي الالكان الذي يحوي على العدد نفسه من ذرات الكربون في السلسلة

أمثلة:

	2- ميثيل البوتان
	3- ميثيل الهكسان
	2,2,4- ثلاثي ميثيل البنتان

9- تسمية المركبات الهيدروكربونية غير المشبعة حسب الاتحاد الدولي IUPAC :

1- نحدد أطول سلسلة كربونية تحوي على الرابطة غير المشبعة ونبدأ ترقيم ذرات الكربون في هذه السلسلة من الطرف الأقرب للرابطة غير المشبعة
2- نسمي كل فرع (متبادل) نحدد موقعه بترقيم ذرة الكربون المرتبط بها في السلسلة .
3- نسمي الألكين (أو الألكين) المواقفة لأطول سلسلة ثم نضيف له رقم هو رقم ذرة كربون الرابطة غير المشبعة

أمثلة :

$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}H=\overset{3}{C}H-\overset{4}{C}H(\overset{1}{C}H_3)-\overset{5}{C}H_3$	4- ميثيل البنتين-2
$\overset{6}{C}H_3-\overset{5}{C}(\overset{1}{C}H_3)(\overset{1}{C}H_3)-\overset{4}{C}H_2-\overset{3}{C}\equiv\overset{2}{C}-\overset{1}{C}H_3$	5,5- ثنائي ميثيل الهكسين-2

10- التصاوغ السلسلي (التماكب) أو (التماثل في التركيب) : « أن يكون لمركبين أو أكثر الصيغة المجملة نفسها وكنهها تختلف بالصيغ المنشورة »

مثال (1) :

C_4H_{10}

$\overset{3}{C}H_3-\overset{2}{C}H(\overset{1}{C}H_3)-\overset{1}{C}H_3$ — 2- ميثيل البروبان

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_3$ — البوتان

مثال (2) :

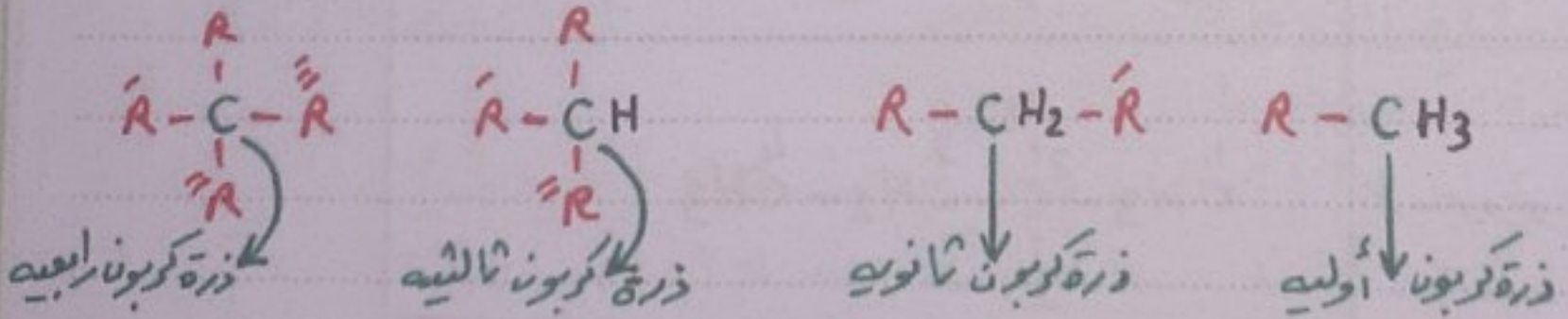
C_4H_8

$\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H=\overset{2}{C}H-\overset{1}{C}H_3$ — البوتين-2

$\overset{1}{C}H_2=\overset{2}{C}H-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_3$ — البوتين-1

و هناك أنواع أخرى للتصاوغ

11- أنواع ذرات الكربون :



12- أنواع الروابط ونمط التهجين :

أ- أحادية (بسيطة) : $-\overset{|}{\underset{|}{C}}-\overset{|}{\underset{|}{C}}-$ وهي من النوع سيغما (σ)، ونمط تهجين كل ذرة كربون sp^3

ب- ثنائية (مزدوجة أو مضاعفة) : $>C=C<$ وهي من النوع σ π (بي أو باي)، ونمط تهجين كل ذرة كربون sp^2

ـ ثلاثية : $-C\equiv C-$ وتتألف من رابطة من النوع σ ورابطتين من النوع π
ونمط تهجين كل ذرة كربون sp
الرابطة π أضعف من الرابطة σ لذلك في تفاعلات الضم الرابطة π هي التي تتحطم

تمرين : حدد أنواع ذرات الكربون ونمط تهجين كل ذرة، وأنواع الروابط في المركب الآتي، وسمّه

$$CH_3-\overset{2}{C}H=\overset{3}{C}(CH_3)_2-\overset{4}{C}(CH_3)-\overset{5}{C}H_3$$

الجواب : ذرات كربون جميع التفرعات بالاضافه لذرتي الكربون (1، 5) أولية
ذرة الكربون (2) ثانوية، ذرة الكربون (3) ثالثية، ذرة الكربون (4) رابعية
جميع الروابط الأحادية في المركب من النوع σ، بينما الرابطة الثنائية مؤلفة من رابطتين احداهما من النوع σ، والأخرى من النوع π

ذرات الكربون (1، 4، 5) بالاضافه لذرات كربون جميع التفرعات نمط تهجينها sp^3
بينما ذرتي الكربون (2، 3) نمط تهجينها sp^2

اسم المركب : 3و4و4 - ثلاثي ميثيل البنتين - 2

13 - هاليدات الألكيل : وتنتج من ارتباط ذرة هالوجين (I، Br، Cl، F) محل ذرة (H) في الألكانات لذلك الصيغة العامة لهاليدات الألكيل $R-X$
حيث X أحد الهالوجينات .
وتسمى هاليدات الكيل حسب الاتحاد الدولي IUPAC بنفس طريقة تسمية المركبات الهيدروكربونية المشبعه

أمثلة :

$\overset{2}{C}H_3-\overset{1}{C}H_2-Cl$	1-كلورو الايثان
$\overset{4}{C}H_3-\overset{3}{C}H_2-\overset{2}{C}H(I)-\overset{1}{C}H_3$	2-يودو البوتان
$\overset{1}{C}H_3-\overset{2}{C}(Br)(I)-\overset{3}{C}H_2-\overset{4}{C}H_3$	2-برومو، 2-يودو البوتان

الوحدة الأولى : « الكيمياء النووية »

1- تركيب النواة : تحتوي النواة على بروتونات (موجبة الشحنة) ونيترونات (معدلة الشحنة) وتدعى هذه الجسيمات نوكليونات

العدد الذري Z = عدد البروتونات

العدد الكتلي A = عدد البروتونات + عدد النيترونات

وبالتالي :

عدد النيترونات N = العدد الكتلي (A) - العدد الذري (Z)

يرمز لنواة أي عنصر بالرمز ${}^{A}_{Z}X$ فمثلاً : رمز نواة الأكسجين ${}^{16}_{8}O$ ، رمز نواة الصوديوم ${}^{23}_{11}Na$ ، .....

2- نظائر عنصر : « هي ذرات للعنصر نفسه تتفق بالعدد الذري (Z) (وبالتالي بعدد البروتونات) وتختلف بالعدد الكتلي (A) (وبالتالي بعدد النيترونات) ولها نفس الخصائص الكيميائية، وتختلف بالخصائص الفيزيائية والإشعاعية »

أمثلة : للكلور نظيران هما: ${}^{37}_{17}Cl$ ، ${}^{35}_{17}Cl$ « وللهيدروجين ثلاثة نظائر هي: ${}^{1}_{1}H$ ، ${}^{2}_{1}H$ ، ${}^{3}_{1}H$

${}^{37}_{17}Cl$	${}^{35}_{17}Cl$	${}^{1}_{1}H$	${}^{2}_{1}H$	${}^{3}_{1}H$
20 نترون	18 نترون	0 نترون	نترون	2 نترون
		هيدروجين	ديتريوم	تريتيوم

3- الاستقرار النووي : واضح من الشكل أنه :

1- هناك منطقة تقع فيها النوى المستقرة تدعى حزام الاستقرار وكل النوى التي تقع خارج هذا الحزام فهي غير مستقرة

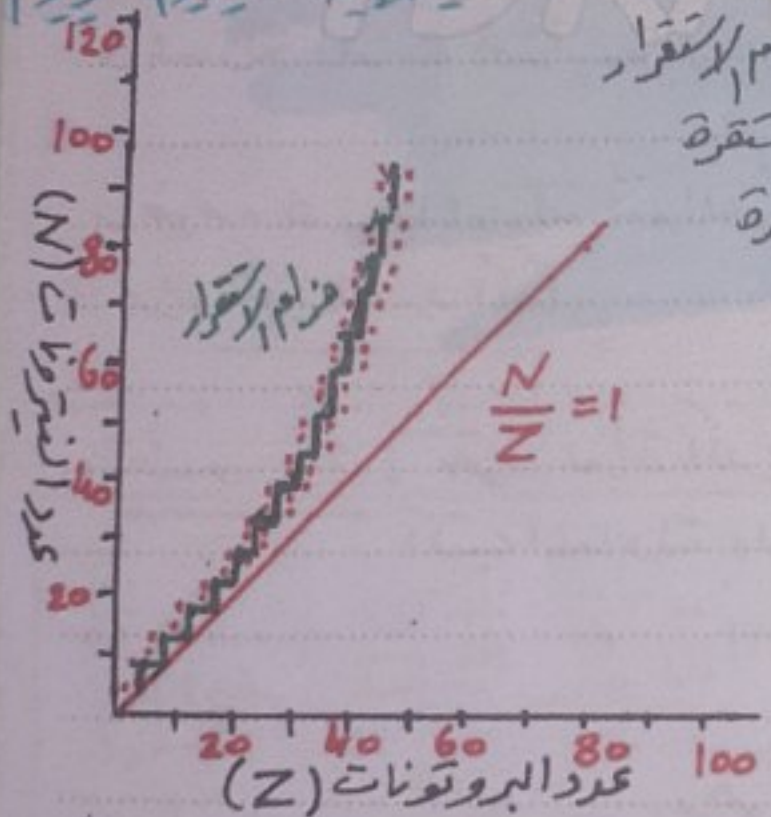
2- تكون النسبة $\frac{N}{Z}=1$ للعناصر المستقرة ذات الأعداد الذرية الصغيرة

3- " " $\frac{N}{Z}>1$ " " " " " " الكبيرة

4- النسبة $\frac{N}{Z}$ لنظير غير مستقر $\neq$ النسبة $\frac{N}{Z}$ لنظير مستقر

5- تتحول النوى غير المستقرة تلقائياً إلى نوى أكثر استقراراً من خلال عملية تدعى النشاط الإشعاعي حيث تطلق نوى العناصر غير المستقرة أحد الجسيمات الآتية :

نيترون ${}^{1}_{0}n$	، بروتون ${}^{1}_{1}p$ (أو ${}^{1}_{1}H$)	، جسيم بيتا	${}^{0}_{-1}\beta$ (أو ${}^{0}_{-1}e$)
جسيم ألفا ${}^{4}_{2}\alpha$	(أو ${}^{4}_{2}He$)	بوزيترون	${}^{0}_{+1}\beta$ (أو ${}^{0}_{+1}e$)



4- أنواع التحولات النووية (النشاط الإشعاعي الطبيعي) : تحدث داخل النواة غير المستقرة تحولات نووية وتتحول إلى نواة أخرى أكثر استقراراً.

ويرافق هذه التحولات انطلاق جسيمات خارج النواة وانطلاق كمية من الطاقة.

ب - تحول من النوع بيتا : « خلاله تطلق نواة العنصر غير المستقر (المشع) دقيقة بيتا (الكترون) وذلك نتيجة تحول نيترون إلى بروتون »

$$ {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{0}_{-1}e $$

وتقوم بهذا التحول العناصر التي تقع فوق حزام الاستقرار كي تعود لحزام الاستقرار

والمعادلة العامة لهذا التحول :

$$ {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e + E\,(\text{طاقة}) $$

واضح من هذه المعادلة أن التحول من النوع بيتا يرافقه زيادة بالعدد الذري بمقدار واحد ولا تتغير العدد الكتلي

تطبيق - 1 : تتحول نواة الثوريوم ${}^{231}_{90}Th$ إلى نواة البروتكتينيوم ${}^{231}_{91}Pa$. اكتب المعادلة النووية المعبّرة عن هذا التحول محدداً نوعه .

الحل :

$$ {}^{231}_{90}Th \longrightarrow {}^{231}_{91}Pa + {}^{0}_{-1}e + E\,(\text{طاقة}) $$

وهو تحول من النوع بيتا .

ت - تحول من النوع بوزيترون : « خلاله تطلق نواة العنصر غير المستقر (المشع) بوزيترون وذلك نتيجة تحول بروتون إلى نيترون »

$$ {}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e $$

وتقوم بهذا التحول العناصر التي تقع تحت حزام الاستقرار كي تعود لحزام الاستقرار .

والمعادلة العامة لهذا التحول :

$$ {}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e + E\,(\text{طاقة}) $$

واضح من هذه المعادلة أن التحول من النوع بوزيترون يرافقه نقصان بالعدد الذري بمقدار واحد ولا تتغير العدد الكتلي .

تطبيق - 2 : تتحول نواة الكربون المشع ${}^{11}_{6}C$ إلى نواة البور المستقر B باطلاقها بوزيترون اكتب المعادلة النووية المعبّرة عن هذا التحول محدداً نوعه .

الحل :

$$ {}^{11}_{6}C \longrightarrow {}^{11}_{5}B + {}^{0}_{+1}e + E\,(\text{طاقة}) $$

وهو تحول من النوع بوزيترون

ث - الأسر الإلكتروني : « خلاله تلتقط النواة إلكتروناً من السحابة الإلكترونية المحيطة بها ليرتبط ببروتون وتتشكل نيترون »

$$ {}^{1}_{1}H + {}^{0}_{-1}e \longrightarrow {}^{1}_{0}n $$

وتقوم بهذا التحول العناصر التي تقع تحت حزام الاستقرار ، ولا تملك طاقة كافية لاطلاق بوزيترون

والمعادلة العامة لهذا التحول :

$$ {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + E\,(\text{طاقة}) $$

واضح من هذه المعادلة أن الأسر الإلكتروني يرافقه نقصان بالعدد الذري بمقدار واحد ولا تتغير العدد الكتلي

ISKANDEROUN

تطبيق - 3 : تتحول نواة الروبيديوم $^{81}_{37}Rb$ إلى نواة الكريبتون $^{81}_{36}Kr$ عندما تأسر أحد الكترونات السحابة الإلكترونية المحيطة بها. اكتب المعادلة النووية المعبرة عن هذا التحول

الحل :

$$^{81}_{37}Rb + ^{0}_{-1}e \longrightarrow ^{81}_{36}Kr + E\ (\text{طاقة})$$

ج- تحول من النوع ألفا : ((خلاله تطلق نواة العنصر غير المستقر (المشع) جسيم ألفا $^{4}_{2}He$))
وتقوم بهذا التحول النوى التي يزيد عددها الذري عن 83

والمعادلة العامة لهذا التحول :

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow ^{4}_{2}He + ^{A-4}_{Z-2}Y + E\ (\text{طاقة})$$

واضح من هذه المعادلة أن التحول من النوع ألفا يرافقه نقصان بالعدد الذري بمقدار (2)
و " " الكتلي " (4)

تطبيق - 4 : تتحول نواة الراديوم $^{226}_{88}Ra$ إلى نواة الرادون $^{}_{}Rn$ باطلاق جسيم ألفا
اكتب المعادلة النووية المعبرة عن هذا التحول.

الحل :

$$^{226}_{88}Ra \longrightarrow ^{222}_{86}Rn + ^{4}_{2}He + E\ (\text{طاقة})$$

ملاحظة (1) : الطاقة المنطلقة من جميع التحولات السابقة هي أشعة غاما (أمواج كهرطيسية)

ملاحظة (2) : في جميع التحولات السابقة هناك صعوبة في العدد الذري والعدد الكتلي

نشاط - 1 : أكمل التحولات النووية الآتية ثم حدد نوع كل منها :

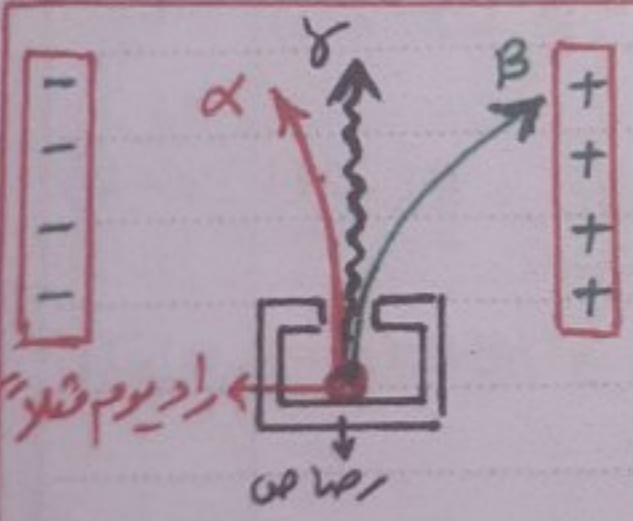
نوع التحول	الجواب	السؤال
ألفا	$^{235}_{92}U \longrightarrow ^{231}_{90}Th + ^{4}_{2}He + E\ (\text{طاقة})$ ثوريوم	$^{}_{92}U \longrightarrow ^{231}_{}Th + ^{4}_{}He + \cdots\cdots$ يورانيوم
بيتا	$^{90}_{38}Sr \longrightarrow ^{90}_{39}Y + ^{0}_{-1}e + E\ (\text{طاقة})$ إيتريوم	$^{90}_{38}Sr \longrightarrow ^{90}_{39}Y + \cdots\cdots + E\ (\text{طاقة})$ سترانسيوم
أسر الكتروني	$^{92}_{44}RU + ^{0}_{-1}e \longrightarrow ^{92}_{43}Tc + E\ (\text{طاقة})$ تكنيتيوم	$^{}_{}Ru + ^{0}_{-1}e \longrightarrow ^{92}_{43}Tc + \cdots\cdots$ روثينيوم
ألفا	$^{212}_{84}Po \longrightarrow ^{208}_{82}Pb + ^{4}_{2}He + E\ (\text{طاقة})$ رصاص	$^{212}_{}Po \longrightarrow ^{}_{82}Pb + ^{4}_{}He + \cdots\cdots$ بولونيوم

نشاط-2: قارن بينه جسيم بيتا والبوزيترون من حيث: موقع النواة التي تطلقه كل منهما بالنسبة لحزام الاستقرار والتأثر بالحقل الكهربائي

	جسيم بيتا	البوزيترون
موقع النواة	تقع فوقه حزام الاستقرار	تقع تحت حزام الاستقرار
التأثر بالحقل الكهربائي	ينحرف نحو اللبوس الموجب لأن شحنته سالبه	ينحرف نحو اللبوس السالب لأن شحنته موجبه

5- مقارنه بينه خاصيات جسيمات الفا وجسيمات بيتا وأشعة غاما :

	جسيمات الفا (α)	جسيمات بيتا (β)	اشعة غاما (γ)
طبيعتها	تطابقه نواة الهليوم ^4_2He	الكترونات عالية السرعة	أمواج كهرطيسيه لها طاقة عالية جداً
الشحنة	تحمل شحنتين موجبتين	تحمل شحنه سالبه	لا تحمل شحنة كهربائيه
الكتلة	كتلتها تساوي أربعة أضعاف كتلة ذرة الهيدروجين	كتلتها تساوي كتلة الإلكترون	ليس لها كتلة سكونيه
تأيين الغازات	تؤين الغازات التي تمر به خلالها	أقل قدرة على تأيين الغازات من جسيمات α	أقل قدرة على تأيين الغازات من جسيمات β
النفوذية	نفوذيتها ضعيفه	نفوذيتها أكبر من نفوذية جسيمات α	نفوذيتها أكبر من نفوذية جسيمات β
السرعة بالنسبة لسرعة الضوء c	$0.05\ c$	$0.9\ c$	تساوي c
التأثر بالحقل الكهربائي	تنحرف نحو اللبوس السالب لكثافة شحونه	تنحرف نحو اللبوس الموجب لكثافة شحونه	لا تتأثر
التأثر بالحقل المغناطيسي	تنحرف بتأثير قوة لورنز	تنحرف بتأثير قوة لورنز بجهة معاكسة لجهة انحراف جسيمات α	لا تتأثر



فائدة: تتألف الكثافة من لبوسين (صفيحتين ناقلتين) نفصل بينهما عازل فإذا طبعه على اللبوسين فرقاً في الكمون (توتراً كهربائياً) فسوف يتولد بينهما حقل كهربائي منتظم $\vec{E}$ جهته من اللبوس الموجب إلى اللبوس السالب.
ويؤثر هذا الحقل على كل جسيم مشحون بقوة كهربائية $\vec{F}=q\cdot\vec{E}$ تحرفه عن مساره فإذا كانت q موجبه (جسيم الفا، بوزيترون) فإنها تنحرف نحو اللبوس السالب
وإذا " q سالبة [جسيم بيتا (الكترون)] " " " " الموجب
وبما أنه أشعة غاما (γ) أمواج كهرطيسية لا تحمل أية شحنه لذلك لا يحرفها الحقل الكهربائي.

6- سلسلة النشاط الإشعاعي : «وفيها تتحول النواة المشعة وفق عدة تحولات نووية متسلسلة لتصل إلى نواة مستقرة (أحد نظائر الرصاص Pb غير المشع)»

تطبيق-5: تتحول نواة اليورانيوم المشع $^{238}_{92}U$ إلى نواة الرصاص المستقر $^{206}_{82}Pb$ وفق سلسلة نشاط إشعاعي الممثل بالمعادلة الآتية :

$$^{238}_{92}U \longrightarrow x\ {}^{4}_{2}He + y\ {}^{0}_{-1}e + {}^{206}_{82}Pb + E(\text{طاقة})$$

والمطلوب : 1- احسب عدد التحولات من النوع ألفا (x)

2- " " " " بيتا (y)

3- اكتب المعادلة النووية الكتلية

الحل : 1-

$$238 = x(4) + y(0) + 206 \Rightarrow \boxed{x = 8}$$

2-

$$92 = x(2) + y(-1) + 82$$

نعوض x بقيمتها فنجد

$$92 = 8(2) - y + 82 \Leftarrow \boxed{y = 6}$$

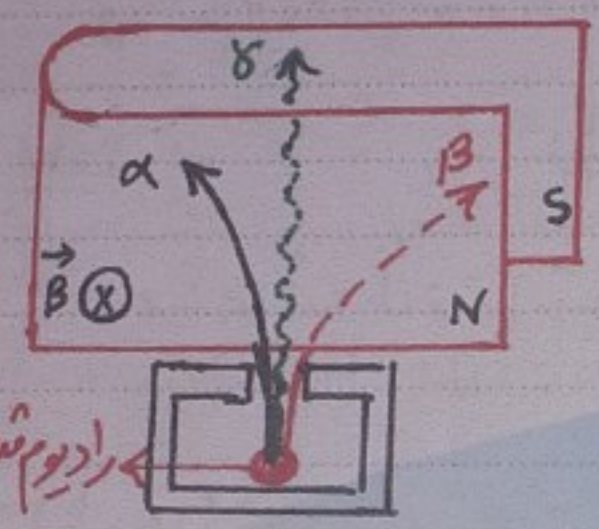
3-

$$\boxed{{}^{238}_{92}U \longrightarrow 8\ {}^{4}_{2}He + 6\ {}^{0}_{-1}e + {}^{206}_{82}Pb + E(\text{طاقة})}$$

فائدة : نحصل بين قطبي مغناطيس نضوي على حقل مغناطيسي منتظم $\vec{B}$.

ويؤثر هذا الحقل على كل جسيم مشحون بقوة لورنز المغناطيسية $\vec{F} = q\cdot\vec{v}\wedge\vec{B}$ التي تحرفه عن مساره

وبما أنه أشعة غاما (γ) أمواج كهرطيسية لا تحمل أية شحنة لذلك لا يحرفها الحقل المغناطيسي



نشاط-3: يتحول اليورانيوم المشع $^{235}_{92}U$ إلى الرصاص المستقر $^{207}_{82}Pb$ وفق سلسلة نشاط إشعاعي

والمطلوب : 1- احسب عدد التحولات من النمط ألفا

2- " " " " بيتا

3- اكتب المعادلة النووية الكتلية .

الحل : المعادلة الممثلة لسلسلة النشاط الإشعاعي :

$$^{235}_{92}U \longrightarrow x\ {}^{4}_{2}He + y\ {}^{0}_{-1}e + {}^{207}_{82}Pb + E(\text{طاقة})$$

1-

$$235 = x(4) + y(0) + 207 \Rightarrow \boxed{x = 7}$$

2-

$$92 = x(2) + y(-1) + 82$$

$$92 = 7(2) - y + 82 \Rightarrow \boxed{y = 4}$$

نعوض x بقيمتها

3-

$$\boxed{{}^{235}_{92}U \longrightarrow 7\ {}^{4}_{2}He + 4\ {}^{0}_{-1}e + {}^{207}_{82}Pb + E(\text{طاقة})}$$

7- طاقة الارتباط : «إن كتلة نواة أي عنصر تكون دوماً أصغر من مجموع كتل مكوناتها (نوكليوناتها) وهي مرة بسبب تحول النقص في الكتلة إلى طاقة منتشرة ويؤدي ذلك لارتباط النوكليونات ببعضها داخل النواة ارتباطاً شديداً»

وحسب الطاقة المنتشرة هي علاقة اينشتاين $\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ ولأن الكتلة تنقص فإن $\Delta m < 0$ لذلك $\Delta E < 0$ لذلك الطاقة المنتشرة تكون سالبة دوماً »

تعريف طاقة الارتباط : « بأنها الطاقة الواجب تقديمها لفصل النواة إلى مكوناتها الأساسية من بروتونات ونيترونات وهي موجبة دوماً
أي أنه طاقة الارتباط تساوي بالقيمة المطلقة الطاقة المنتشرة وتعاكسها بالإشارة »

تطبيق 6: إذا كان نقص كتلة نواة الهليوم ^4_2He عن مجموع كتل مكوناتها وهي حرة هو $\Delta m = -0.2926 \times 10^{-27}\ kg$ المطلوب : 1- احسب الطاقة المنتشرة أثناء تشكل نواة الهليوم
2- استنتج قيمة طاقة الارتباط لنواة الهليوم

الحل : 1- $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 = -0.2926 \times 10^{-27} (3 \times 10^8)^2$ ⇐ $\Delta E = -2.6334 \times 10^{-11}\ J$

2- بما أنه طاقة ارتباط النواة تساوي بالقيمة المطلقة الطاقة المنتشرة وتعاكسها بالإشارة
لذلك طاقة الارتباط $\Delta E = +2.6334 \times 10^{-11}\ J$

نشاط-4: تشع الشمس طاقة مقدارها $38 \times 10^{27}\ J \cdot s^{-1}$ احسب مقدار النقص في كتلة الشمس خلال ثلاث دقائق علماً أنه $c = 3 \times 10^8\ m \cdot s^{-1}$

الحل : بما أن الشمس تشع (تنشر) طاقة فهي سالبة أي $\Delta E = -38 \times 10^{27}\ J \cdot s^{-1}$

$\Delta E = \Delta m \cdot c^2$ ⇐ $\Delta m = \frac{\Delta E}{c^2}$ ⇐ $\Delta m = \frac{-38 \times 10^{27}}{(3 \times 10^8)^2}$ ⇐ $\Delta m = -\frac{38}{9} \times 10^{11}\ Kg \cdot s^{-1}$

وبالتالي تنقص كتلة الشمس خلال ثلاث دقائق $\Delta m = -\frac{38}{9} \times 10^{11} \times 3 \times 60$ ⇐ $\Delta m = -76 \times 10^{12}\ Kg$

ملاحظة : كان يمكن أن نحسب أولاً الطاقة التي تشعها الشمس خلال (3) دقائق ثم نحسب نقصان كتلة الشمس خلال (3) دقائق .

8- عمر النصف لمادة مشعة ($t_{\frac{1}{2}}$) : « هو الزمن اللازم لتحول نصف عدد نوى النظير المشع وفقه نشاط اشعاعي محدد إلى نوى عنصر آخر »

ويتوقف هذا الزمن على نوع العنصر المشع فقط . وتحسب من العلاقة $t_{\frac{1}{2}} = \frac{t}{n}$

حيث t : الزمن الكلي للتفكك أو التحول ، n : عدد مرات تكرار عمر النصف

تطبيق-7: إذا علمت أن عمر النصف لعنصر مشع (ثلاث سنوات) . احسب الزمن اللازم كي يصبح النشاط الإشعاعي $\frac{1}{8}$ ما كان عليه .

الحل : واضح من المخطط الآتي : $N \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{N}{2} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{N}{4} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{N}{8}$ (عدد نوى العنصر المشع)

أنه $n=3$ (عدد مرات تكرار عمر النصف) . نعوض في العلاقة $t_{\frac{1}{2}} = \frac{t}{n}$ فنجد $3 = \frac{t}{3} \Leftarrow$ **$t = 9$ سنوات**

تطبيق-8: يبلغ عدد النوى في عنصر مشع (16×10^5 نواة) وبعد زمن (150 s) يصبح العدد (2×10^5 نواة) . المطلوب حساب $t_{\frac{1}{2}}$

الحل : واضح من المخطط الآتي : 16×10^5 نواة $\xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} 8 \times 10^5$ نواة $\xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} 4 \times 10^5$ نواة $\xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} 2 \times 10^5$ نواة

أنه $n=3$ (عدد مرات تكرار عمر النصف) . نعوض في العلاقة $t_{\frac{1}{2}} = \frac{t}{n}$ فنجد $t_{\frac{1}{2}} = \frac{150}{3} \Leftarrow$ **$t_{\frac{1}{2}} = 50$ s**

9- التفاعلات النووية : 1- تفاعلات الالتقاط : « وتحدث عندما تلتقط النواة القذيفة دون أن تنقسم »

تطبيق-9 : عند قذف نواة الذهب $^{197}_{79}Au$ بنيترون تتحول إلى نواة الذهب النظير $^{\square}_{\square}Au$ المشع . اكتب المعادلة النووية المعبرة .

الجواب :

$$^{197}_{79}Au + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{198}_{79}Au + E(\text{طاقة})$$

2- تفاعلات التفاعل : « وتحدث عندما تقذف نواة بجسيم فإنها تتحول إلى نواة عنصر جديد مطلقة جسيم آخر » .

تطبيق-10 : عند قذف نواة النتروجين $^{14}_{7}N$ بجسيم ألفا تتحول إلى نواة الأكسجين $^{\square}_{\square}O$ مطلقة بروتون . اكتب المعادلة النووية المعبرة .

الجواب :

$$^{14}_{7}N + ^{4}_{2}He \longrightarrow ^{17}_{8}O + ^{1}_{1}H + E(\text{طاقة})$$

نشاط-5 : عند قذف نواة الزئبق $^{200}_{80}Hg$ ببروتون تتحول إلى نواة الذهب $^{\square}_{\square}Au$ مطلقة جسيم ألفا . اكتب المعادلة النووية المعبرة ثم حدد نوع هذا التفاعل .

الجواب :

$$^{200}_{80}Hg + ^{1}_{1}H \longrightarrow ^{197}_{79}Au + ^{4}_{2}He + E(\text{طاقة})$$

نوع التفاعل : تظافر

3- تفاعلات الانشطار النووي : « وتحدث عندما تلتقط النواة القذيفة ، ثم تنقسم (تنشطر) النواة الجديدة إلى نواتين متوسطتي الكتلة مع عدد من النيترونات السريعة »

تطبيق-11 : عند قذف نواة اليورانيوم النظير $^{235}_{92}U$ بنيترون بطيء فإنها تلتقطه وفق المعادلة $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{236}_{92}U + E(\text{طاقة})$ ثم تنشطر نواة اليورانيوم الناتجة إلى نواتين متوسطتي الكتلة هما $^{\square}_{56}Ba$ ، $^{92}_{\square}Kr$ وينطلق ثلاث نيترونات سريعة وفق المعادلة :

$$^{236}_{92}U \longrightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}Kr + 3\,{}^{1}_{0}n + E(\text{طاقة})$$

وينتج عن تفاعل الانشطار طاقة هائلة لأنه تفاعل متسلسل [حيث أن النيترونات الناتجة يتم ابطاؤها ثم يقوم كل نيترون مبطأ بشطر نواة $^{235}_{92}U$ بعد التقاطه].

نشاط 6: أكمل التفاعل النووي الآتي ثم حدد نوعه: $^{236}_{92}U \longrightarrow {}^{\square}_{52}Te + {}^{97}_{\square}Zr + 2\,{}^{\square}_{\square}n + \dots\dots$

الحل:

$$^{236}_{92}U \longrightarrow {}^{137}_{52}Te + {}^{97}_{40}Zr + 2\,{}^{1}_{0}n + E(\text{طاقة})$$

تيلوريوم — زركونيوم

نوع التفاعل: انشطار

4 - تفاعلات الاندماج النووية: «ويحدث عندما اندماج لنواتين خفيفتين أو أكثر وتشكل نواة أثقل»

وينتج عن هذه التفاعلات طاقة هائلة لأن كتلة النواة الأثقل الناتجة تكون أقل من مجموع كتل النوى المندمجة وهذا النقص في الكتلة يتحول إلى طاقة.
وتحدث هذه التفاعلات في النجوم (كالشمس)، وعند انفجار القنبلة الهيدروجينية

تطبيق-12: تندمج نواتا نظيري الهيدروجين الديتريوم $^{2}_{1}H$ والتريتيوم $^{3}_{1}H$ وينتج نواة الهليوم ونيترون أكتب المعادلة النووية المعبرة.

الجواب:

$$^{2}_{1}H + {}^{3}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{1}_{0}n + (\text{طاقة})E$$

ملاحظة: يحدث هذا التفاعل عند انفجار القنبلة الهيدروجينية.

نشاط 7: أكمل التفاعل النووي الآتي ثم حدد نوعه $4\,{}^{1}_{\square}H \longrightarrow {}^{\square}_{2}He + 2\,{}^{\square}_{\square}e + \dots\dots$

الجواب:

$$4\,{}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + 2\,{}^{0}_{+1}e + E(\text{طاقة})$$

بوزيترون — نواة الهليوم — نواة الهيدروجين

نوع التفاعل: اندماج

ملاحظة: يحدث هذا التفاعل في الشمس.

« أختبر نفسي »

أولاً : اختر الاجابة الصحيحة لكل مما يأتي :

1- يتوقف عمر النصف للعنصر المشع على :
a - كتلة العنصر المشع
b - الروابط الكيميائية للعنصر المشع
c - درجة حرارة العنصر المشع
d - نوع العنصر المشع

الجواب : d

2- تحدث في الشمس تفاعلات نووية من نوع :
a - انشطار b - اندماج c - التقاط d - تظافر

الجواب : b

3- من خاصيات أشعة غاما :
a - تتأثر بالحقل الكهربائي b - تتأثر بالحقل المغناطيسي c - تنتشر بسرعة الضوء d - تفوذيتها أقل من نفوذية جسيمات بيتا

الجواب : c

4- تنطلق نواة الثوريوم $^{228}_{90}Th$ بطلاقة جسيمات ألفا متحولة إلى نواة البولونيوم $^{216}_{84}Po$ فإن عدد جسيمات ألفا المنطلقة خلال هذا التحول يساوي :
a - 2 b - 3 c - 4 d - 5

الجواب : b [وهذا واضح من المعادلة المعبرة : $^{228}_{90}Th \longrightarrow 3\ ^{4}_{2}He + ^{216}_{84}Po + E$ (طاقة)]

5- تتحول نواة الكربون $^{14}_{6}C$ إلى نواة النتروجين $^{14}_{7}N$ وتطلق عندئذ :
a - نيترون b - بوزيترون c - جسيم بيتا d - جسيم ألفا

الجواب : c [وهذا واضح من المعادلة المعبرة : $^{14}_{6}C \longrightarrow ^{14}_{7}N + ^{0}_{-1}e + E$ (طاقة)]
جسيم بيتا

6- عند تحول نواة النتروجين $^{14}_{7}N$ إلى نواة الكربون المشع $^{14}_{6}C$ فإنها :
a - تلتقط نيترون وتطلق ألفا
b - تلتقط بروتون وتطلق نيترون
c - تلتقط بوزيترون وتطلق نيترون
d - تلتقط نيترون وتطلق بروتون

الجواب : d [وهذا واضح من المعادلة المعبرة : $^{14}_{7}N + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{14}_{6}C + ^{1}_{1}H + E$ (طاقة)]

ISKANDAROUN

7- يبلغ عمر النصف لمادة مشعة ($t_{\frac{1}{2}} = 24$ يوم) وتتلقى (1Kg)، تكون نسبة ما تبقى منها بعد (72 يوم):

a- $\frac{1}{8}$ b- $\frac{1}{4}$ c- $\frac{1}{18}$ d- $\frac{7}{8}$

الجواب: a [لأن $t_{\frac{1}{2}} = \frac{t}{n} \Leftarrow 24 = \frac{72}{n} \Leftarrow n = 3$ والمخطط: $1Kg \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{1}{2}Kg \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{1}{4}Kg \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{1}{8}Kg$]

8- يبلغ عدد النوى في عينة مشعة (8×10^{20}) وبعد زمن قدره (120 s) يصبح عدد النوى (10^{20}) فيكون عمر النصف لهذه المادة مساوياً

a- 20 s b- 30 s c- 40 s d- 60 s

الجواب: c [واضح من المخطط $n=3$ أي $8\times10^{20} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} 4\times10^{20} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} 2\times10^{20} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} 1\times10^{20}$

نعوض في العلاقة $t_{\frac{1}{2}} = \frac{t}{n}$ نجد $t_{\frac{1}{2}} = \frac{120}{3} \Leftarrow t_{\frac{1}{2}} = 40\ s$]

9- تطلق نواة عنصر مشع ${}^{A}_{Z}X$ جسيم ألفا ثم تطلق النواة الناتجة جسيم بيتا فتنتج نواة:

a- ${}^{A-4}_{Z-3}Y$ b- ${}^{A-4}_{Z-2}Y$ c- ${}^{A-4}_{Z+3}Y$ d- ${}^{A-4}_{Z-1}Y$

الجواب: d [عندما تطلق النواة ${}^{A}_{Z}X$ جسيم ألفا ينتج ${}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A-4}_{Z-2}Y + E(\text{طاقة})$

وعندما تطلق النواة الناتجة جسيم بيتا ينتج ${}^{A-4}_{Z-2}Y \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{A-4}_{Z-1}Y + E(\text{طاقة})$]

10- نواة عنصر غير مستقرة تقع نوعه حزام الاستقرار وللعودة إلى حزام الاستقرار فإنها تطلق جسيم:

a- ${}^{0}_{-1}e$ b- ${}^{0}_{+1}e$ c- ${}^{1}_{0}n$ d- ${}^{1}_{1}H$

الجواب: a [لأنه العناصر التي تقع نوعه الحزام تطلق دقيقة بيتا فتتحول النيترون إلى بروتون ${}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}H + {}^{0}_{-1}e$ وبذلك تعود لحزام الاستقرار]

ثانياً: أعط تفسيراً علمياً لكل مما يأتي:

1- يُعدّ النيترون أفضل قذيفه نوويّه

الجواب: لأنه النيترون معتدل الشحنه فهو لا يتنافر مع النواة المراد قذفها.

2- كتلة النواة أصغر من مجموع كتل مكوناتها وهي حرة.

الجواب: لأنه نقصان الكتلة يتحول إلى طاقة منتشرة ويؤدي ذلك لارتباط النوكليونات ببعضها ارتباطاً شديداً.

3- اطلاق النواة للبوزيترون

الجواب: لأنه النوى التي تقع تحت حزام الاستقرار تكون غير مستقرة فهي تطلق بوزيترون تتحول بروتون إلى نيترون ${}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{+1}e$ كي تعود إلى حزام الاستقرار

4- يرافقه تفاعل الاندماج النووي انطلاقه طاقة هائلة .

الجواب : لأن كتلة النواة الأثقل الناتجة أقل من مجموع كتل النوى المندمجة وهذا النقص في الكتلة يتحول إلى طاقة هائلة .

5- الطاقة النواة للإلكترونات المؤلفة لجسيمات بيتا .

الجواب : نتيجة تحول نيترون إلى بروتون ${}^{0}_{-1}e + {}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{1}_{0}n$
هذي يستقر البروتون داخل النواة فيؤدي ذلك لزيادة العدد الذري بمقدار (واحد)
والإلكترون الناتج هو الذي تطلقه النواة على شكل جسيم بيتا .

6- عدم تأثر أشعة غاما بالحقل الكهربائي

الجواب : لأن أشعة غاما أمواج كهرطيسية فهي لا تحمل أية شحنة كهربائية لذلك لا تتأثر بالحقل الكهربائي

7- تأثر كل من جسيمات ألفا وجسيمات بيتا بالحقل الكهربائي .

الجواب : لأن جسيمات ألفا تحمل شحنة موجبة فهي تتأثر بالحقل الكهربائي وتنحرف نحو اللبوس السالب
و = = بيتا = = سالبة = = = = = = = = = الموجب

ثالثاً : أجب عن الأسئلة الآتية :

1- احسب عدد التحولات من النمط ألفا، وعدد التحولات من النمط بيتا عند تحول نظير الثوريوم ${}^{232}_{90}Th$ إلى نظير الرصاص غير المشع ${}^{208}_{82}Pb$ ، ثم اكتب المعادلة النووية الكتلية

الجواب : ${}^{232}_{90}Th \longrightarrow x\ {}^{4}_{2}He + y\ {}^{0}_{-1}e + {}^{208}_{82}Pb + E(\text{طاقة})$

$232 = x(4) + y(0) + 208 \Leftarrow 24 = x(4) \Leftarrow x = 6$

$90 = x(2) + y(-1) + 82$ نعوض x بقيمتها $\Leftarrow 90 = 6(2) - y + 82 \Leftarrow y = 4$

المعادلة النووية الكتلية : ${}^{232}_{90}Th \longrightarrow 6\ {}^{4}_{2}He + 4\ {}^{0}_{-1}e + {}^{208}_{82}Pb + E(\text{طاقة})$

2- قارن بين جسيمات ألفا وبيتا من حيث (النفوذية، الشحنة، السرعة).

الجواب :

	جسيمات ألفا (α)	جسيمات بيتا (β)
النفوذية	نفوذيتها ضعيفة	نفوذيتها أكبر من نفوذية جسيمات ألفا
الشحنة	تحمل شحنة موجبة	تحمل شحنة سالبة
السرعة	$0.05\ C$	$0.9\ C$

3- أكمل كل من التفاعلات النووية الآتية، ثم حدد نوع كل منها :

الجواب :

نوع التفاعل	جواب	سؤال
التقاط	$^{63}_{29}Cu + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{64}_{29}Cu + E$ (طاقة)	$^{\square}_{29}Cu + {}^{\square}_{\square}n \longrightarrow {}^{64}_{\square}Cu + \cdots\cdots$
تطاير	$^{10}_{5}B + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{7}_{3}Li + {}^{4}_{2}He + E$ (طاقة)	$^{\square}_{5}B + {}^{\square}_{\square}n \longrightarrow {}^{7}_{\square}Li + {}^{4}_{\square}He + \cdots\cdots$ (بور، ليثيوم)
انشطار	$^{236}_{92}U \longrightarrow {}^{132}_{51}Sb + {}^{101}_{41}Nb + 3{}^{1}_{0}n + E$ (طاقة)	$^{236}_{92}U \longrightarrow {}^{\square}_{51}Sb + {}^{101}_{\square}Nb + 3{}^{1}_{0}n + \cdots\cdots$ (نيوبيوم)

4- أكمل كل من التحولات النووية الآتية :

الجواب :

جواب	سؤال
$^{212}_{83}Bi \longrightarrow {}^{212}_{84}Po + {}^{0}_{-1}e + E$ (طاقة)	$^{212}_{83}Bi \longrightarrow {}^{212}_{84}Po + \cdots\cdots + \cdots\cdots$ (بيزموت، بولونيوم)
$^{40}_{19}K + {}^{0}_{-1}e \longrightarrow {}^{40}_{18}Ar + E$ (طاقة)	$^{40}_{19}K + \cdots\cdots \longrightarrow {}^{40}_{18}Ar + \cdots\cdots$ (بوتاسيوم، أرغون)
$^{220}_{86}Rn \longrightarrow {}^{216}_{84}Po + \cdots\cdots + \cdots\cdots$	$^{220}_{86}Rn \longrightarrow {}^{216}_{84}Po + \cdots\cdots + \cdots\cdots$ (رادون، بولونيوم)

5- تلتقط نواة عنصر الأرغون $^{37}_{18}Ar$ إلكتروناً من مدار داخلي لها متحولة إلى نواة عنصر الكلور $^{\square}_{\square}Cl$
اكتب المعادلة المعبّرة عن هذا التحول النووي

الجواب :

$$^{37}_{18}Ar + {}^{0}_{-1}e \longrightarrow {}^{37}_{17}Cl + E \text{ (طاقة)}$$

رابعاً : حل المسائل الآتية :

المسألة الأولى : تتحول نواة اليود المشع $^{131}_{53}I$ إلى نواة الكزينون $^{131}_{54}Xe$ مطلقة جسيم بيتا عند معالجة مرضى سرطان الغدة الدرقية بجرعة منه، فإذا كان عمر النصف لليود المشع المستخدم (يوم 8) المطلوب : 1- اكتب المعادلة النووية المعبّرة عن هذا التحول
2- احسب النسبة المتبقية من اليود المشع بعد (يوم 24)

الجواب : 1-

$$^{131}_{53}I \longrightarrow {}^{131}_{54}X + {}^{0}_{-1}e + E \text{ (طاقة)}$$

2- $t_{\frac{1}{2}} = \frac{t}{n} \Leftarrow 8 = \frac{24}{n} \Leftarrow n = 3$ (عدد مرات تكرار عمر النصف)

$N \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{N}{2} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{N}{4} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{N}{8}$ أن النسبة المتبقية $\frac{1}{8}$

واضح من المخطط الآتي

المسألة الثانية : تنقص كتلة نواة الاكسجين $(^{16}_{8}O)$ عند تكوينها وهي حرة بمقدار $(\Delta m = -0.23\times10^{-27}\ kg)$
المطلوب : احسب طاقة الارتباط لهذه النواة علماً أن $(C = 3\times10^{8}\ m\cdot s^{-1})$

الحل : لحساب آمر الطاقة المنتشرة : $\Delta E = \Delta m \cdot c^2 \Leftarrow \Delta E = -0.23\times10^{-27}\times(3\times10^{8})^2$

$\Delta E = -2.07\times10^{-11}\ J \Leftarrow \Delta E = -0.23\times10^{-27}\times(3\times10^{8})^2$

وبما أن طاقة الارتباط تساوي بالقيمة المطلقة الطاقة المنتشرة وتعاكسها بالإشارة $\Leftarrow$ **طاقة الارتباط $= +2.07\times10^{-11}\ J$**

المسألة الثالثة : احسب عمر النصف لعنصر مشع في عينة منه، إذا علمت أن الزمن اللازم ليصبح عدد النوى المشعة في تلك العينة $(\frac{1}{16})$ مما كان عليه يساوي (480 سنة)

الحل : واضح من المخطط الآتي

$$N \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{N}{2} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{N}{4} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{N}{8} \xrightarrow{t_{\frac{1}{2}}} \frac{N}{16}$$

أنه عدد مرات تكرار عمر النصف $(n=4)$ نعوض في $\Leftarrow t_{\frac{1}{2}} = \frac{t}{n} \Leftarrow t_{\frac{1}{2}} = \frac{480}{4} \Leftarrow t_{\frac{1}{2}} = 120$ سنة

المسألة الرابعة : احسب مقدار النقص في كتلة الشمس خلال $(72\ min)$ إذا كانت تشع طاقة مقدارها $(38\times10^{27}\ J)$
في كل ثانية، علماً أن $(C = 3\times10^{8}\ m\cdot s^{-1})$.

الحل : واضح من النص أن الطاقة المنتشرة (تشعها) $\Delta E = -38\times10^{27}\ J\cdot s^{-1}$ نعوض في $\Delta E = \Delta m\cdot c^2$

نجد $-38\times10^{27} = \Delta m\,(3\times10^{8})^2 \Leftarrow \Delta m = -\frac{38}{9}\times10^{11}\ Kg\cdot s^{-1}$ (نقصان كتلة الشمس خلال ثانية واحدة)

وبالتالي نقصان كتلة الشمس خلال $(72\ min)$ $\Delta m = -\frac{38}{9}\times10^{11}\times72\times60 \Leftarrow \Delta m = -1824\times10^{12}\ Kg$

تفكير ناقد : تستخدم بعض النظائر المشعة في علاج الأورام السرطانية. ما تفسيرك لذلك

الجواب : النظائر المشعة المستخدمة في علاج الأورام السرطانية يكون عمر النصف لها صغيراً نسبياً ما وأثناء تحولها التلقائي إلى نظائر أكثر استقراراً ينتج طاقة مناسبة على شكل أشعة غاما (أمواج كهرطيسية) طول موجتها قصير جداً تواترها عالٍ تحمل طاقة كبيرة قادرة على قتل الخلايا السرطانية وذلك بتغيير المحض النووي داخل هذه الخلايا مما يمنعها من النمو والانقسام.
وطبعاً هذه الأشعة تؤثر أيضاً على الخلايا السليمة المجاورة للمنطقة التي يتم معالجتها ولكنها تتعافى لاحقاً.

أبحث أكثر : اليورانيوم الطبيعي يحتوي على نسبة $(^{238}_{92}U$ هو $99.284\ \%)$ ونسبة $(0.711\ \%$ من النظير $^{235}_{92}U)$ الذي يستخدم كوقود في المفاعلات النووية حيث تتم زيادة نسبته بعملية تسمى تخصيب اليورانيوم
ابحث في ذلك : **الجواب** : يتم فصل $^{235}_{92}U$ عن $^{238}_{92}U$ بأجهزة الطرد المركزية حيث سرعة الدوران $f = (50-70)\times10^{3}\ Hz$
وبهذه الأجهزة تتم زيادة نسبة $^{235}_{92}U$ على مراحل، فإذا بلغت هذه النسبة $5.3\ \%$ فيستعمل لانتاج الطاقة الكهربائية، $20\ \%$ يستعمل للبحوث العلمية، $90\ \%$ يستعمل لانتاج الأسلحة النووية