# الكيمياء النوويّة

## مقدمة:

تتكون الذرة من جزأين رئيسين هما:

أ) النواة التي تقع عند مركزها.

ب) الإلكترونات السالبة التي تدور حول هذه النواة.

تتكون نوى ذرات جميع العناصر من دقائق أهمها البروتونات والنترونات.

## ١) رمز النواة والجسيمات الأولية:

### أ- رمز النواة:

يرمز لنواة العنصر على الشكل: $^{A}_{Z}X$

حيث (Z) العدد الذري = عدد البروتونات.

(A) العدد الكتلي = عدد البروتونات + عدد النيوترونات . وبالتالي: $A = Z + N$

أمثلة: نواة ذرة الهيليوم $^{4}_{2}He$ نواة ذرة التوريوم $^{230}_{90}Th$

ملاحظة (١) : يطلق على البروتون والنترون داخل النواة إسم النكليون.

ملاحظة (٢) : يمكن حساب عدد النترونات (N) بطرح العدد الذري (Z) من عدد الكتلة (A).

ملاحظة (٣) : نظائر عنصر ما: ذرات من العنصر نفسه لها العدد الذري (Z) نفسه، و تختلف بعدد الكتلة (A) و بالتالي تختلف بعدد النيوترونات ( N ) و يكون لجميع نظائر العنصر خاصيات كيميائية مشتركة وخاصيات فيزيائية مختلفة.

مثال: للهيدروجين ثلاثة نظائر: الهيدروجين العادي $^{1}_{1}H$ ، الديتريوم $^{2}_{1}H$ ، التريتيوم $^{3}_{1}H$

ملاحظة (٤):**عند موازنة معادلة نووية يجب مراعاة:**

أ) **انحفاظ العدد الكتلي** : العدد الكلي للبروتونات والنيوترونات للمواد المتفاعلة يساوي العدد الكلي للبروتونات والنيوترونات للمواد الناتجة.

ب) **انحفاظ العدد الذري** : العدد الكلي للبروتونات للمواد المتفاعلة يساوي العدد الكلي للبروتونات للمواد الناتجة.

### ب - الجسيمات الأولية:

١) بروتون $^{1}_{1}P$ أو $^{1}_{1}H$

٢) نترون $^{1}_{0}n$

٣) جسيم بيتا $^{0}_{-1}B$ أو $^{0}_{-1}e$

٤) جسيم ألفا $^{4}_{2}He$

٥) البوزيترون $^{0}_{+1}B$ أو $^{0}_{+1}e$

## ٢) نماذج النواة:

أ) نموذج قطرة السائل ( للعالم بور ) :يتصور هذا النموذج النواة كقطرة من سائل تتحرك في داخلها البروتونات والنترونات بشكل عشوائي كما تتحرك الجزيئات ضمن السائل.

ب) نموذج الطبقات ( للعالم ماير ) : يعتبر هذا النموذج مكونات النواة ( البروتونات والنترونات ) مرتبة وفق سويات طاقة كما في حالة الإلكترونات خارج النواة، والداعم الأكبر لهذا النموذج هو الاستقرار الكبير لبعض النوى.

المدرس: ماجد دقاق

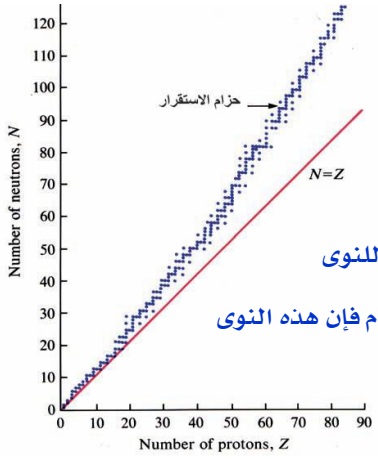
## ٣) الاستقرار النووي:

إن العامل الرئيسي الذي يحدِّد فيما إذا كانت النواة مستقرة أم لا هي النسبة: $\frac{n}{p}$

❖ في حالة النوى المستقرة: وهي التي لايحدث لأنويتها تفكك تلقائي نميز حالتين:

أ) نوى مستقرة أعدادها الذرية صغيرة تكون النسبة $\frac{n}{p}$ قريبة من الواحد.

ب) نوى مستقرة أعدادها الذرية كبيرة نسبياً تصبح النسبة $\frac{n}{p}$ أكبر من الواحد. وهذا الانحراف والابتعاد عن الواحد عند الأعداد الذ رية الكبيرة يعود إلى تزايد الحاجة إلى النيوترونات للتعويض عن التدافعات القوية الناشئة بين البروتونات الموجبة و من ثم تحقيق إستقرار النواة.




ملاحظة: إن النوى المستقرة تقع ضمن المنطقة التي تحمل اسم حزام الاستقرار،
ومعظم النوى غير المستقرة تقع خارجه.

❖ في حالة النوى غير المستقرة: وهي التي يحدث لأنويتها تفكك تلقائي نميز حالتين:

أ) نوى غير مستقرة تقع فوق حزام الاستقرار: هذا يعني أن النسبة $\frac{n}{p}$ لها أكبر من تلك التي للنوى الواقعة ضمن الحزام والتي لها العدد الذري ذاته ولتخفيض هذه النسبة وللعودة إلى داخل الحزام فإن هذه النوى تخضع إلى العملية الآتية (اصدار جسيم بيتا):

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

ملاحظة هامة: إن اصدار جسيم بيتا $^{0}_{-1}B$ يسمح بزيادة عدد البروتونات في النواة بمقدار (١) وانخفاض في عدد النيوترونات بمقدار (١) ولايتغير عدد الكتلة.

مثال: $^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}B$

ب) نوى غير مستقرة تقع تحت حزام الاستقرار: هذا يعني أن النسبة $\frac{n}{p}$ لها أقل من تلك التي للنوى الواقعة ضمن الحزام والتي لها العدد الذري ذاته ولزيادة هذه النسبة وللعودة إلى داخل الحزام فإن هذه النوى تخضع إلى العملية الآتية (اصدار البو ز يترون):

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

ملاحظة هامة: إن اصدار بوزيترون $^{0}_{+1}B$ يسمح بزيادة عدد النتروتونات في النواة بمقدار (1) وانخفاض في عدد البروتونات بمقدار (1) ولايتغير عدد الكتلة.

مثال: $^{38}_{19}K \longrightarrow {}^{38}_{18}Ar + {}^{0}_{+1}B$

## ٤) طاقة الارتباط في النواة:

كيف تفسر ما يلي:

أ) وجود البروتونات داخل النواة صغيرة الأبعاد جداً من رتبة ( $10^{-15}$ m ) رغم قوى التنافر الكهربائية بينها.

ب) تبقى بروتونات النواة مترابطة رغم وجود قوى التنافر الكهربائية بينها.

الجواب: بسبب وجود قوى جذب هائلة تسمى القوى النووية وهي أكبر بكثير من القوى الكهربائية.

ج) إن كتلة نواة العنصرأصغر من مجموع كتل مكوناتها فيما لو كانت حرّة.

الجواب: بسبب تحول النقصان في الكتلة إلى طاقة تربط مكوّنات النواة بعضها ببعض.

المدرس: ماجد دقاق

ملاحظة: تحسب الطاقة المتحررة عن تشكّل النواة من علاقة آينشتاين: $E = \Delta m \cdot c^2$

$E$ الطاقة المتحررة عن تشكّل النواة (J)

$\Delta m$ النقصان في الكتلة (kg)

$\Delta m = m_2 - m_1 < 0$ حيث: $m_2$ كتلة النواة و $m_1$ مجموع كتل النكليونات المكوّنة للنواة.

$c$ سرعة انتشار الضوء في الخلاء ( $3 \times 10^{+8}$ $m.s^{-1}$ ) .

## طاقة الارتباط في النواة:

هي الطاقة اللازمة لفصل النواة إلى مكوّناتها من بروتونات ونيوترونات ( وهي مقدار موجب) .

## أعط تفسيراً علمياً لكل من العبارات الآتية:

١) أكثر نوى العناصر إستقراراً هي التي تكون أعدادها الكتلية بين (40 و 120) .

الجواب: لأنها تمتلك طاقة ارتباط نووية كبيرة نسبياً.

٢) نوى العناصر الثقيلة التي تكون أعدادها الكتلية ( A >120) قليلة الإستقرار ولها نشاط إشعاعي.

الجواب: لأنها تمتلك أصغر طاقة ارتباط نووية.

## ٥) النشاط الإشعاعي الطبيعي:

تخضع النوى التي تقع خارج حزام الاستقرار بالإضافة إلى النوى ذات عدد البروتونات الذي يفوق (83) إلى إصدار تلقائي لجسيمات ألفا أو بيتا أو أشعة غاما قد ترافق كلاً منهما ويسمى هذا النشاط الإشعاعي α ، B ، γ

### أ) التحوّل من النمط ألفا:

هوتحول يطرأ على نواة عنصر مشع بإصداره جسيم ألفا فينقص العدد الذري بمقدار(2) و ينقص العدد الكتلي بمقدار (4) مع انطلاق طاقة وفق المعادلة العامة الآتية :

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}y + {}^{4}_{2}He + \text{Energy}$$

تدريب: يطرأ على نواة اليورانيوم $^{238}_{92}U$ تحول من النموذج ألفا متحولة إلى نواة الثوريوم $Th$ اكتب المعادلة النووية المعبرة عن التحول.

الجواب:

$$^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He + \text{Energy}$$

### ب) التحوّل من النمط بيتا:

هوتحول يطرأ على نواة عنصر مشع بإصداره جسيم بيتا فيزداد العدد الذري بمقدار(1) و لايتغير العدد الكتلي مع انطلاق طاقة وفق المعادلة العامة الآتية :

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}y + {}^{0}_{-1}B + \text{Energy}$$

تدريب: يطرأ على نواة الثوريوم $^{234}_{90}Th$ تحول من النموذج بيتا متحولة إلى نواة البروتكتينيوم $pa$ اكتب المعادلة النووية المعبرة عن التحول.

الجواب:

$$^{234}_{90}Th \longrightarrow {}^{234}_{91}pa + {}^{0}_{-1}B + \text{Energy}$$

## فسرإصدار النواة للإلكترونات المؤلفة لأشعة بيتا.

الجواب :يتفكك أحد نيوتروناتها ليعطي بروتوناً يستقر في النواة وإلكترون ينطلق خارج النواة مكوّناً جسيم بيتا مع إطلاق النترينو ( $\upsilon$ )

وفق المعادلة:

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

$$^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}B + \upsilon \quad \text{أو}$$

## ملاحظة: جميع العناصر التي تتمتع بعدد ذري أكبر من 83 ذات نشاط إشعاعي.

$$^{210}_{84}PO \longrightarrow {}^{206}_{82}pb + {}^{4}_{2}He + \text{Energy}$$

المدرس: ماجد دقاق

## خاصيات جسيمات ($\beta,\alpha$) وأشعة($\gamma$) :

| الإصدار | جسيم ألفا | جسيم بيتا | أشعة غاما |
|---|---|---|---|
| الطبيعة | تطابق نوى الهليوم $_2^4He$ | إلكترونات سريعة $_{-1}^{0}e$ | أمواج كهرطيسية طاقتها عالية جدا |
| الكتلة | تساوي أربعة أضعاف كتلة الهيد روجين العادي. | تساوي كتلة الإلكترون. | ليس لها كتلة. |
| الشحنة | تحمل شحنتين موجبتين | تحمل شحنة سالبة | غير مشحونة. |
| تأثير الحقل الكهربائي | تتأثر بانحراف ضئيل نحو اللبوس السالب لمكثفة مشحونة مما يدل على أنها موجبة. | تتأثر بانحراف كبير نحو اللبوس الموجب لمكثفة مشحونة مما يدل على أنها سالبة. | لا تتأثر مما يدل على أنها غير مشحونة . |
| النفوذية | نفوذيتها ضعيفة، فيمكن إيقافها با ستخدام ورق مقوى. | نفوذيتها أكبر بـ (100) مرة من نفوذية جسيمات ألفا. | نفوذيتها كبيرة جداً، فهي أكبر بـ (100-10) مرة من نفوذية جسيمات بيتا ، لذلك تحتاج لإيقافها إلى صفيحة سميكة من الرصاص. |
| القدرة على التأين | تسبب تأيُّن الغازات التي تمر خلالها. | أقل قدرة على تأيين الغا زات من جسيمات ألفا. | أقل قدرة على تأيين الغا زات من جسيمات بيتا |
| السرعة | (0.05 C) | قريبة من سرعة الضوء (0.9 C) | سرعتها تساوي سرعة الضوء ( C ) |
| أثر إنطلاقها من النواة | ينقص العددالذري بمقدار (2) و ينقص العدد الكتلي بمقدار (4) مع انطلاق طاقة | يزداد العدد الذري بمقدار (1) و لايتغير العدد الكتلي مع انطلاق طاقة | لا يحدث تغيير في العدد الذري ولا في العدد الكتلي إلا أن النواة تصبح النواة أكثر استقراراً. |

## ٦) سلاسل النشاط الإشعاعي:

تتفكّك بعض العناصر المشعة مباشرة في خطوة واحدة إلى عنصر غير مشع وفي هذه الحالة تسمى هذه العناصر ( ثنائياً إشعاعياً)

ومن الأمثلة: $^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}B$

الكربون المشع — النتروجين

$^{38}_{19}K \longrightarrow {}^{38}_{18}Ar + {}^{0}_{+1}B$

البوتاسيوم المشع — الآرغون

لكن تحتاج نوى العناصر الثقيلة إلى خطوات عدة لتتخلص من الجسيمات النووية الزائدة فيها حيث تُطلق في كل خطوة منها إما جسيم بيتا، أو جسيم ألفا، ويستمر هذا التحول من عنصر مشع إلى عنصر مشع آخر حتى تصل النواة إلى عنصر نهائي غير مشع، أي عنصر مستقر ( أحد نظائر الرصاص )،

بناءً على ماسبق نعرف **سلسلة النشاط الإشعاعي** بأنها:

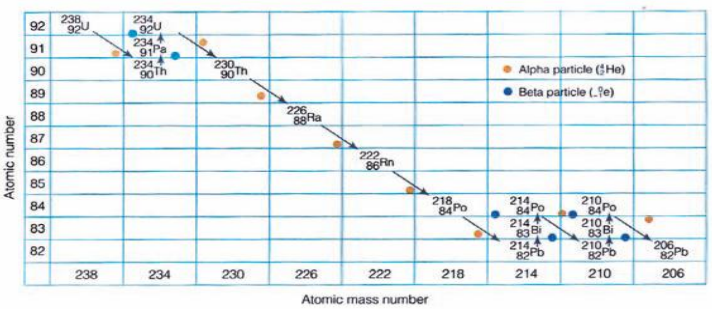
مجموعة من العناصر المشعة التي يتفكك أحدها ليعطي عنصراً آخر، وتنتهي بعنصر مستقر.

### توجد في الطبيعة ثلاث سلاسل إشعاعية:

الأولى تبدأ باليورانيوم 238 وتنتهي بالرصاص 206

الثانية تبدأ بالثوريوم 232 وتنتهي بالرصاص 208

الثالثة تبدأ باليورانيوم 235 وتنتهي بالرصاص 207




أ. ماجد دقاق

## ٧) عمر النصف للمادة المشعة:

هو الزمن اللازم لتحول ( تفكّك ) نصف عدد نوى العنصر المشع في عيِّنة منه إلى نوى عنصر آخر بدءا من أية لحظة زمنية.

ملاحظة هامة: يتعلق عمر النصف بنوع العنصر المشع فقط. ولا يتعلق بالحالة الفيزيائية للعنصر المشع ( صلبة، سائلة، غازية)، ولا يتعلق بالروابط الكيميائية للعنصر، ولا يتأثر بتغيّر الضغط و درجة الحرارة.

أمثلة:

| النظير المشع | عمر النصف |
|---|---|
| اليورانيوم 238 | $4.5 \times 10^{9}$ *years* |
| الثوريوم234 | 24 *days* |

## ٨) النشاط الإشعاعي الصنعي ( التفاعلات النووية ):

يختلف النشاط الإشعاعي الصنعي عن النشاط الإشعاعي الطبيعي في أنه يحتاج إلى تصادم بين جسمين.

### أ) تفاعلات الالتقاط :

في هذه التفاعلات تلتقط النواة القذيفة التي قُذفت بها دون أن تنقسم ويرافق ذلك انطلاق طاقة.

مثال : $^{197}_{79}Au + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{198}_{79}Au + \gamma$

في هذا التفاعل يتحول الذهب النظير غير المشع إلى الذهب النظير المشع.

### ب) تفاعلات التطاير :

في هذه التفاعلات تلتقط النواةُ القذيفةَ التي قُذفت بها ولا تستقر إلا بعد أن تُطلق جسيماً آخر متحولة إلى نواة عنصر جديد ويرافق ذلك انتشار طاقة حرارية.

مثال: $^{14}_{7}N + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{17}_{8}O + {}^{1}_{1}H + Heat\ Energy$

في هذا التفاعل يتحول النتروجين عند قذفه بجسيم ألفا إلى الأكسجين النظير المشع وبروتون مع انتشار طاقة حرارية.

أما عند قذف نواة النتروجين بنيوترون فينتج نظير الكربون وبروتون، ويرافق ذلك انتشار طاقة حرارية:

مثال: $^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}H + Heat\ Energy$

لاحظ أن ناتج هذا النوع من التفاعلات النووية ( تفاعلات التطاير ) يتوقف على نوع القذيفة.

### جـ) تفاعلات الإنشطار :

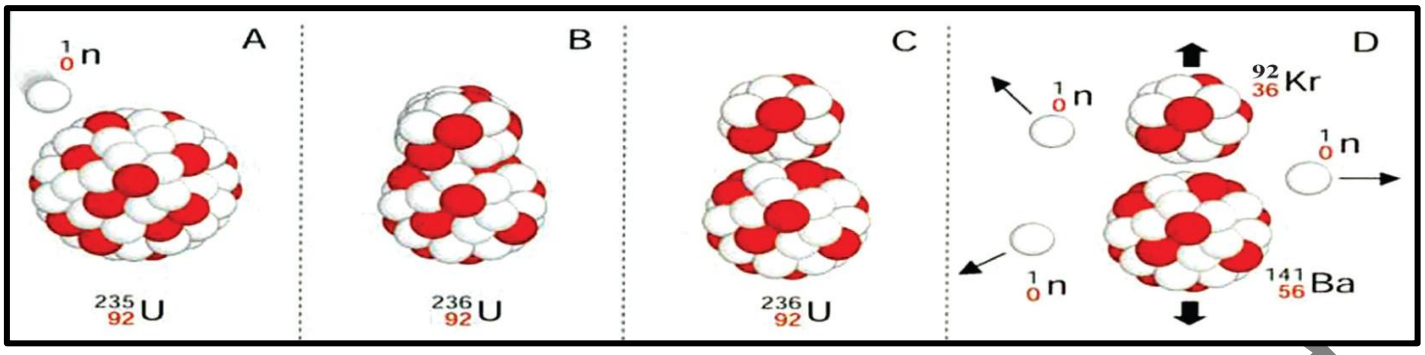
في هذه التفاعلات تنشطر نواة العنصر الثقيل إلى نواتين متوسطتي الكتلة مع انطلاق طاقة هائلة.

مثال: تتحول نواة اليورانيوم ( 235) عند قذفها بنيوترون بطيء ( سرعته تقارن بسرعة جزيئات الهواء عند درجة حرارة الغرفة ) إلى نواة نظير جديد غير مستقر اليورانيوم (236) التي تنشطر آنيا إلى نواتين متوسطتي الكتلة مع إطلاق ثلاثة نيوترونات سريعة جدا وطاقة هائلة ( يستفاد منها في مجالات حياتية إذا تم التحكم بها )

مثال :

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{236}_{92}U \longrightarrow {}^{141}_{56}Ba + {}^{92}_{36}kr + 3\,{}^{1}_{0}n + Energy$$

المدرس ماجد دقاق




**ملاحظة:** إذا أمكن إبطاء تلك النيوترونات فإن كل واحد منها يستطيع أن يشطر نواة جديدة من اليورانيوم (235) بعد التقاطه فينتج تفاعل نووي متسلسل .

## د) تفاعلات الإندماج :

في هذه التفاعلات يحدث دمج ( التحام ) نواتين خفيفتين معاً أو أكثر لتكوين نواة أثقل ويرافق ذلك انطلاق طاقة ( هائلة ) نتيجة النقصان في الكتلة ، أي ( كتلة النواة الناتجة عن الاندماج أصغر من مجموع كتل النوى المندمجة )

مثال(١): تفاعل الإندماج الذي يحدث بسرعة كبيرة جداً عندما تنفجر القنبلة الهدروجينية :

حيث يندمج فيه زوج من الديتريوم ( نواتا هدروجين ثقيل ) لتوليد التريثيوم ( نظير الهدروجين الأثقل ) و بروتوناً:

$$^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{1}H + {}^{1}_{1}H + Energy$$

مثال(٢): تفاعلات الإندماج التي تحدث في النجوم ( الشمس ) تحدث تفاعلات الاندماج الآتية:

$$4\,{}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{4}_{2}He + 2\,{}^{0}_{+1}B + Energy$$

$$^{1}_{1}H + {}^{1}_{1}H \longrightarrow {}^{2}_{1}H + {}^{0}_{+1}B + Energy$$

$$^{1}_{1}H + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{2}He + Energy$$

$$^{3}_{2}He + {}^{3}_{2}He \longrightarrow {}^{4}_{2}He + 2\,{}^{1}_{1}H + Energy$$

### كي يبدأ الاندماج النووي لا بد من توافر الشروط الآتية:

أ ) حصر النوى الخفيفة في حَيِّز صغير جداً، لزيادة إمكانية تصادمها والتحامها.

ب) تطبيق ضغط كبير جدا على النوى الخفيفة.

جـ) رفع درجة حرارتها إلى ($10^{8}\,^{0}C$) لإكسابها طاقة حركية هائلة.

**ملاحظة هامة:** يلزم لتفجير القنبلة الهدروجينية حدوث انشطار نووي يوفّر الضغط الشديد والحرارة الكافية لاندماج النوى الخفيفة ، وهكذا تكون القنبلة الانشطارية ( الذرية ) كفتيلٍ صاعقٍ للقنبلة الاندماجية (الهدروجينية).

### ميّزات تفاعلات الاندماج على تفاعلات الانشطار:

أ ) توافر الوقود اللازم لعملية الاندماج.

ب) الطاقة الناتجة نظيفة نسبياً، والتلوث الناتج عنها محدود..

جـ) سهولة التخلص من وحدات الإنتاج بعد انتهاء صلاحيتها.

مدرس ماجد دقاق

## مقارنة بين التفاعلات الكيميائية والنووية

| التفاعلات الكيميائية | التفاعلات النووية |
|---|---|
| يعاد ترتيب الذرات في الجزيئات المتفاعلة من خلال كسر روابط وتشكيل أخرى. | تخضع العناصر أو النظائرإلى تحول فيما بينها. |
| لا تساهم إلكترونات المدارات الذرية أو الجزيئية (عدا السطحية ) في فصم الروابط أو تشكلها. | يمكن أن تساهم البروتونات أو النيوترونات أو الإلكترونات وغيرها من الجسيمات الأولية في التفاعلات النووية. |
| تترافق التفاعلات بإطلاق أو امتصاص كميات صغيرة نسبياً من الطاقة. | تترافق التفاعلات بإطلاق أو امتصاص كميات كبيرة نسبياً من الطاقة. |
| تتعلق سرعة التفاعل بدرجة الحرارةوالضغط والتركيز و وجود المواد المساعدة. | لاتتعلق سرعة التفاعل بدرجة الحرارة أوالضغط أوالتركيز أو وجود المواد المساعدة. |
| تخضع لقانون مصونية الطاقة. | تخضع لقانون مصونية الطاقة ( قانون آينشتاين ). |

المدرس: ماجد دقاق