PHYSICS BAC 3AS

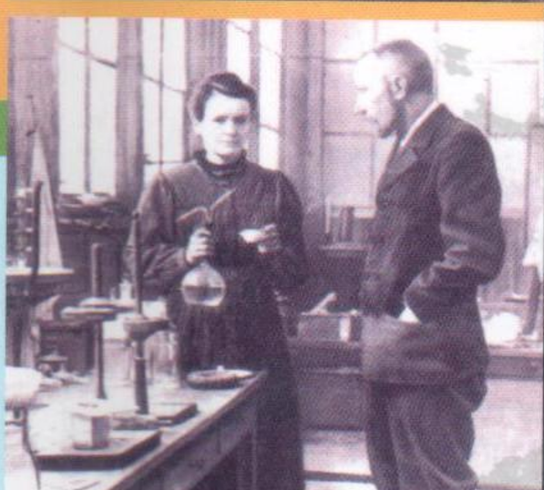
ج. سايس
أستاذ جامعي

التحوّلات النووية

درسنا حتى اليوم نوعا واحدا من التحوّلات المعروف بالتحوّلات الكيميائية والذي تتدخل فيه الإلكترونات أثناء تحطم أو تشكل الروابط الكيميائية، تشكل الشوارد أثناء تفاعلات الأكسدة الإرجاعية والتفاعلات حمض/ أساس. كما توجد أيضا تحولات أخرى تتدخل فيها نوى الذرات والتي تعرف بالتحوّلات النووية.

تم اكتشاف التحوّلات النووية الأولى عن طريق الصدفة، من طرف العالم بيكرال **Becquerel** سنة **1896** حيث وضع في درج ألواحا فوتوغرافية بجوار عينة من الأورانيوم، وبعد مرور بضعة أيام، لاحظ أن هذه الألواح الفوتوغرافية تأثرت كما لو عرضناها للضوء. فاستنتج بيكرال أن الأورانيوم يصدر تلقائيا إشعاعًا. ثم تطرق من بعده بياروماري كوري إلى دراسة هذه الظاهرة التي أطلقا عليها اسم «النشاط الإشعاعي – **la radioactivité**».


هنري بيكرال مكتشف ظاهرة النشاط الإشعاعي


بيار وماري كوري في المخبر

التحولات النووية les transformations nucléaires

النوى الذرية

- بنية النوى الذرية :

تتشكل الذرة من إلكترونات ونواة وهذه الأخيرة تتشكل هي أيضا بدورها من دقائق (بروتونات ونوترونات) تسمى النوكليونات **(les nucléons)**.

يرمز لكل نواة بالصيغة $^{A}_{Z}X$ ، حيث:

A : عدد النوكليونات أو رقم الكتلة.

Z : العدد الشحني ويوافق إلى عدد البروتونات.

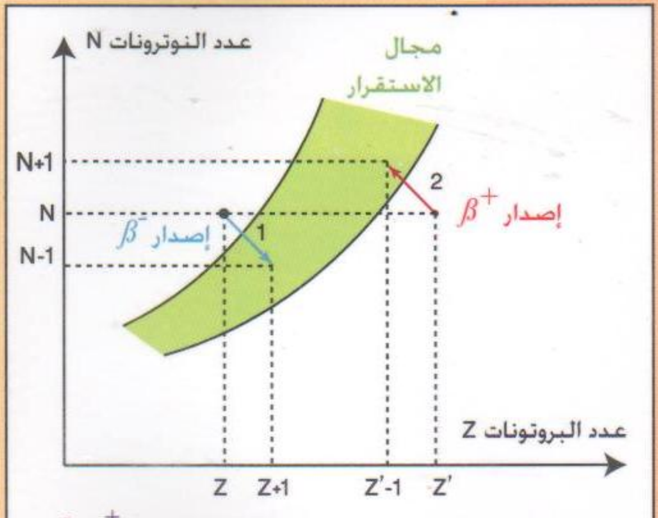
X : رمز العنصر الكيميائي.

يوجد حاليا 112 عنصرًا كيميائيا، كل منها يتميز بعدد البروتونات التي تحتوي عليها نواته.
وهكذا، فإن الشاردة أو الذرة التي تتشكل من 8 بروتونات تنتمي حتما إلى عنصر الأكسجين مهما كان عدد النوترونات والإلكترونات التي تمتلكها.
الذرات، الشوارد أو الأنوية التي تمتلك نفس عدد البروتونات وتختلف في عدد نوتروناتها تسمى **النظائر (isotopes)**.

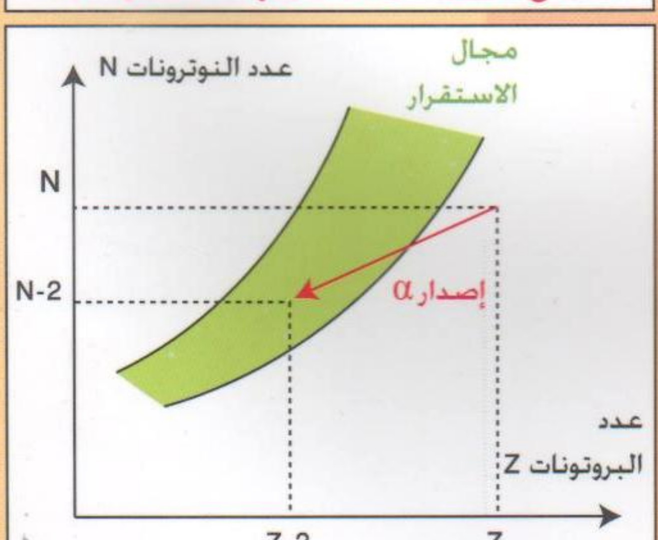
النوى المستقرة و النوى المشعة

ليست كل الأنوية المختلفة المعروفة مستقرة.
تكون النواة مستقرة إذا لم تتغير تلقائيا خلال الزمن في حين أن النواة المشعة (غير المستقرة) تتفكك تلقائيا معطية بذلك نواة جديدة (النواة البنت) مع إصدار دقيقة α أو β وعمومًا إشعاع γ.

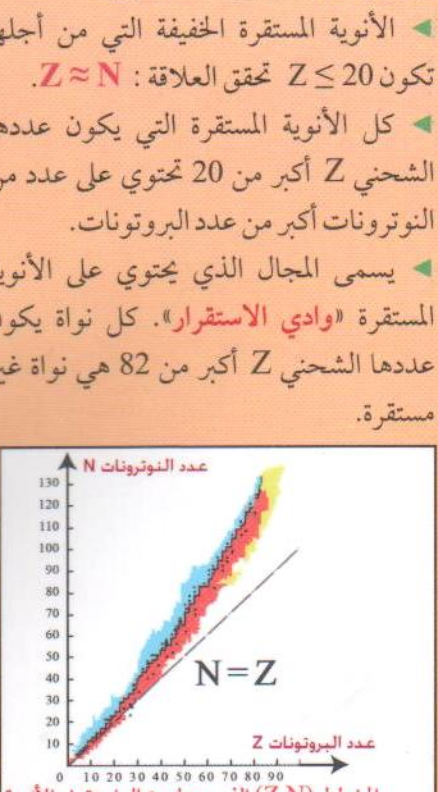
- تكون الأنوية مستقرة إذا كان عددا البروتونات و النوترونات متقاربين.
- الأنوية المستقرة الخفيفة التي من أجلها تكون $Z \leq 20$ تحقق العلاقة : $\mathbf{Z \approx N}$.
- كل الأنوية المستقرة التي يكون عددها الشحني Z أكبر من 20 تحتوي على عدد من النوترونات أكبر من عدد البروتونات.
- يسمى المجال الذي يحتوي على الأنوية المستقرة «**وادي الاستقرار**». كل نواة يكون عددها الشحني Z أكبر من 82 هي نواة غير مستقرة.



مخطط يوضح عودة الأنوية نحو مجال الاستقرار في حالة الإصدارين β^+ و β^-



مخطط يوضح عودة الأنوية نحو مجال الاستقرار في حالة الإصدار α



المخطط (Z,N) الذي يعطي مجال استقرار الأنوية

تخضع الأنوية غير المستقرة إلى واحد أو عدة تفككات تلقائية تتحوّل على إثرها إلى أنوية مستقرة.

*** النشاط الإشعاعي α :**

النشاط الإشعاعي α هو التفكك النووي الذي يحدث للأنوية الكبيرة والذي تصدر خلاله أنوية الهيليوم $^{4}_{2}He$ والمعروفة باسم «دقائق α».

تكتب معادلة التحوّل النووي من النوع α بالشكل التالي:

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A'}_{Z'}Y^{*} + {}^{4}_{2}He$$

وتكون قوانين الإنحفاظ التالية محققة خلال التحوّل النووي :

- **قانون انحفاظ الشحنة الكهربائية** : الشحنة الكهربائية للمتفاعلات تساوي إلى الشحنة الكهربائية للنواتج.
- **قانون انحفاظ عدد النيوكليونات** : عدد النيوكليونات ثابت لا يتغير خلال التحوّل النووي.
- **قانون انحفاظ الطاقة.**

واعتمادًا على قانوني الإنحفاظ الأولين، لدينا:

$$Z.e = Z' . e + 2e \Rightarrow Z' = Z - 2$$

$$A = A' + 4 \Rightarrow A' = A - 4$$

وبذلك يمكن كتابة معادلة التفكك النووي على النحو التالي:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y^{*} + {}^{4}_{2}He$$

تشير كتابة النجمة (*) إلى جنب رمز النواة إلى أن هذه الأخيرة تمتلك طاقة زائدة، فنقول عنها أنها في حالة مثارة (état excité).

مثال : $^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He$

*** النشاط الإشعاعي β^{-} :**

يمكن أن يحصل داخل الأنوية غير المستقرة الغنية بالنوترونات تفككا نوويا من النوع β^{-} حيث يتم تحويل نوترون إلى بروتون مع إصدار إلكترون كما تترجمه معادلة التفكك النووي التالية:

$$^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e$$

وتكتب معادلة التفاعل النووي β^{-} التي تخضع لها النواة $^{A}_{Z}X$ على النحو التالي:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y^{*} + {}^{0}_{-1}e$$

مثال : $^{60}_{27}Co \rightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^{0}_{-1}e$

*** النشاط الإشعاعي β^{+} :**

النشاط الإشعاعي من النوع β^{+} اصطناعي لأنه لا يشمل سوى الأنوية الاصطناعية الفقيرة جدًا بالنوترونات والتي لا يمكنها أن تكون مستقرة وهي على هذا الحال.

ينتج هذا النشاط عن التحوّل، داخل النواة، لبروتون إلى نوترون مع إصدار دقيقة β^{+} المعروفة باسم البوزيتون كما توضحه المعادلة التالية:

$$^{1}_{1}p \rightarrow {}^{1}_{0}n + {}^{0}_{1}e$$

- **البوزيتون $^{0}_{1}e$ هو دقيقة كتلتها تساوي إلى كتلة الإلكترون $^{0}_{-1}e$ ولكن شحنته معاكسة له.**

تكتب معادلة التفاعل النووي الذي تخضع له النواة $^{A}_{Z}X$ بالشكل التالي:

$$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y^{*} + {}^{0}_{1}e$$

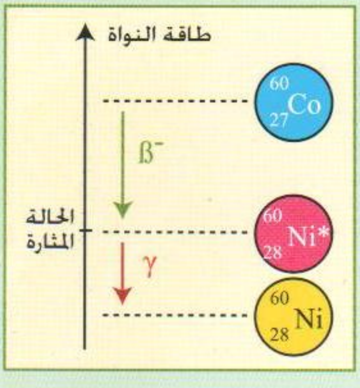
مثال : $^{201}_{81}Tl \rightarrow {}^{201}_{80}Hg + {}^{0}_{1}e$

* **الإصدار γ** : بعد حدوث التفكك α ، β^+ أو β^- تكون النواة البنت الناتجة في حالة مثارة حيث تملك زيادة من الطاقة.

ترجع النواة البنت إلى حالتها الطبيعية بعد زوال حالة الهيجان وذلك بإصدار إشعاع أو عدة إشعاعات كهرومغناطسية معروفة بالإشعاعات γ.

وتكتب المعادلة العامة التي تعبر عن زوال حالة الهيجان مع إصدار الإشعاع γ على النحو التالي: ${}_{Z}^{A}Y^{*} \rightarrow {}_{Z}^{A}Y + \gamma$

مثال : ${}_{28}^{60}Ni^{*} \rightarrow {}_{28}^{60}Ni + \gamma$



التناقص الإشعاعي

* **قانون التناقص الإشعاعي :**

- التفكك التلقائي$(\alpha, \beta^-, \beta^+)$ لنواة غير مستقرة ${}_{Z}^{A}X$ هو ظاهرة عشوائية تماما، وبالتالي فإنه يستحيل تَوقّع اللحظة التي تحدث عندها.

وبالمقابل فإنه يمكن توقّع التطور بدلالة الزمن لعدد النوى ${}_{Z}^{A}X$ المشعة $N(t)$ لعينة إذا كان عدد النوى N_0 في اللحظة $t = 0$ معروفًا.

- ليكن ΔN هو التغير في عدد النوى المشعة ${}_{Z}^{A}X$ بين اللحظتين t و $t + \Delta t$:

$$\Delta N = N(t + \Delta t) - N(t) \qquad (\Delta N<0)$$

إذا كان: $|\Delta N| << N(t)$، فإن ΔN يكون متناسبا مع:

- العدد $N(t)$ للأنوية المشعة ${}_{Z}^{A}X$ في العينة عند اللحظة t.
- المدة الزمنية Δt.

ونكتب إذن : $\Delta N = - \lambda.N(t).\Delta t \quad ....(1)$

حيث : $\lambda > 0$.

يسمى «λ» ثابت الإشعاع ويقدر بالوحدات التالية :

$jour^{-1}$ ، h^{-1} ، min^{-1} ، s^{-1}

نعطي في الجدول التالي قيم ثابت الإشعاع λ في بعض الأنوية المشعة:

النواة	${}_{6}^{14}C$	${}_{92}^{236}U$	${}_{86}^{222}Rn$	${}_{8}^{15}O$
λ	$1,21\times10^{-4}an^{-1}$	$2,96\times10^{-8}an^{-1}$	$0,18\ jour^{-1}$	$0,340\ min^{-1}$

تسمح العلاقة $\Delta N = - \lambda.N(t).\Delta t$ بالحصول على المعادلة التالية: $\dfrac{\Delta N}{\Delta t} + \lambda.N = 0 \ ... \ (1)$

وفي الحالة التي يكون فيها ΔN وΔt متناهيين في الصغر، فإنه يمكن تعويض «Δ» بالحرف d الذي يرمز إلى المشتق، ونحصل بذلك على المعادلة التفاضلية التالية:

$$\frac{dN}{dt} + \lambda.N = 0 \ ... \ (2)$$

ونقبل بأن حل هذه المعادلة هو من الشكل :

$$N(t) = A.e^{kt}$$

وبتعويض N بعبارته $A.e^{kt}$ في المعادلة (2) ، نحصل على ما يلي : $kAe^{kt} + \lambda\, A.e^{kt} = 0$

أي أن : $(k+ \lambda)A.e^{kt} = 0$

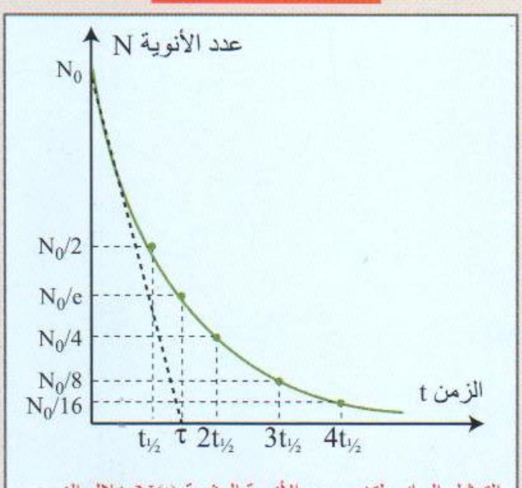
ومنه : $k+ \lambda= 0 \Rightarrow k = - \lambda$

وبما أن: $N(t) = Ae^{kt}$ ، إذن: $N(0) = Ae^{0} = A$

مع العلم أن N_0 يوافق إلى $N(0)$. إذن : $A = N_0$

ونحصل بذلك في النهاية على قانون التناقص الإشعاعي:

$$N(t) = N_0\, e^{-\lambda.t}$$



التمثيل البياني لتغير عدد الأنوية المشعة N(t) خلال الزمن

نشاط عينة مشعة

يوافق نشاط عينة إلى عدد التفكك التي تخضع لها في ثانية واحدة.

تعريفا: $A(t) = -\frac{dN}{dt}$ ومنه: $A(t) = \lambda N_0 e^{-\lambda.t}$

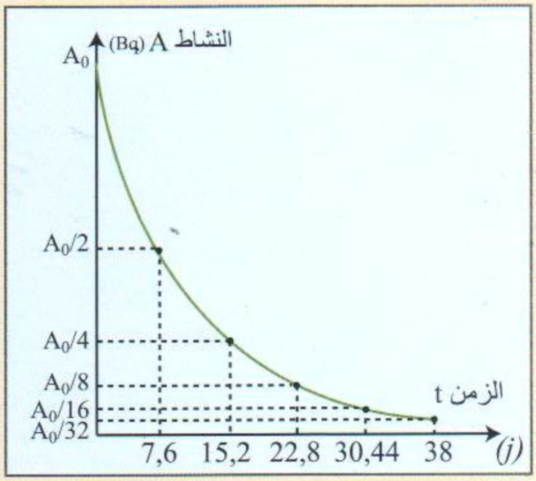
أي أن: $A(t) = \lambda N(t)$ حيث وحدة λ هي s^{-1}

بوضع: $\lambda N_0 = A_0$، نحصل على العلاقة التالية:

$$A(t) = A_0.e^{-\lambda.t}$$

يقدر النشاط $A(t)$ بوحدة **البيكرال Bq(becquerel)**.

و هو النشاط الموافق إلى تفكك واحد في كل ثانية.



◄ ثابت الزمن τ ونصف العمر $t_{1/2}$ لعنصر مشع:

❋ يعطى ثابت الزمن τ المميز لعنصر مشع، تعريفًا بالعلاقة:

$$\tau = \frac{1}{\lambda}$$

يقدر τ بالثانية (s) إذا كان ثابت الإشعاع مقدار بـ s^{-1}
يمكن التعبير عن قانون التناقص الإشعاعي والنشاط $A(t)$ لعينة بدلالة ثابت الزمن τ:

$$A = A_0 .e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{و} \quad N = N_0.e^{-\frac{t}{\tau}}$$

يمكن تعيين ثابت الزمن τ بيانيا، فهو يوافق إلى فاصلة نقطة تقاطع محور الفواصل مع المماس للمنحنى البياني $N(t)$ أو $A(t)$ في اللحظة $t = 0$.

❋ يوافق نصف العمر $t_{1/2}$ لعنصر مشع إلى الزمن اللازم كي يتفكك نصف عدد أنوية هذا العنصر الموجودة عند اللحظة $t = 0$ والمأخوذة كمبدإ للأزمنة.

◄ العلاقة التي تربط بين $t_{1/2}$ و τ:

تعريفا، لدينا: $N(t+t_{1/2}) = \frac{N(t)}{2}$

وفي الحالة الخاصة حيث $t = 0$،

لدينا: $N(t_{1/2}) = \frac{N(0)}{2} = \frac{N_0}{2}$

مع: $N(t_{1/2}) = N_0 .\, e^{-\lambda.t_{1/2}}$

وعليه: $N_0 .\, e^{-\lambda.t_{1/2}} = \frac{N_0}{2}$

ومنه: $e^{-\lambda.t_{1/2}} = \frac{1}{2} \Rightarrow ln(e^{-\lambda.t_{1/2}}) = ln\,\frac{1}{2}$

أي أن: $-\lambda.t_{1/2} = ln\ 2$

إذن: $t_{1/2} = \frac{ln\ 2}{\lambda}$ أو: $t_{1/2} = \tau\ .\ ln\ 2$

نتائج وتطبيقات النشاط الإشعاعي

- المفعولات البيولوجية:

يؤدي اختراق الدقائق $(\alpha, \beta^+, \beta^-)$ وكذلك الإشعاعات γ لجسم الإنسان إلى حدوث تأينات تتسبب في تحطيم الخلايا ويمكن أن تؤدي إلى الموت كما يمكن أن تؤدي الإشعاعات إلى تغيير الـ ADN ويترتب عن ذلك تشوّهات جينية.
فكلما كان نشاط المنبع معتبرا كلما كانت المخاطر المنجرة عنه كبيرة.

- **التطبيقات**: توجد عدة تطبيقات للنشاط الإشعاعي، نذكر منها: التأريخ في الجيولوجيا وعلم الآثار، العلاج بالأشعة، التصوير الطبي والتعقيم.

يبقى العلاج بالأشعة هو أحسن طريقة للحد من انتشار الخلايا السرطانية

التكافؤ كتلة ـ طاقة :

- **علاقة إنشتاين** : تمتلك كل جملة، حتى ولو كانت ساكنة، طاقة بفعل كتلتها تسمى «**طاقة الكتلة**» والتي تحسب بواسطة علاقة إنشتاين التالية:

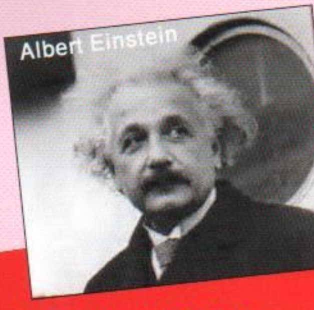
$$E = m.c^2$$

حيث: E هي طاقة الكتلة مقدرة بالجول (J) .
m الكتلة بالكيلوغرام (Kg) .
c سرعة الضوء في الفراغ : $c = 3.10^8 m/s$

لغز الكتلة الناقصة

وتسمى أيضا علاقة إنشتاين بعلاقة التكافؤ بين الكتلة والطاقة والتي بموجبها كل جملة ساكنة **تربح/ تخسر طاقة، تربح/ تخسر كتلة** ويترجم ذلك بالمساواة التالية:

$$\Delta E = \Delta m . c^2$$



وحدات الكتلة والطاقة

- **وحدة الكتلة الذرية** : تساوي وحدة الكتلة الذرية u إلى $\frac{1}{12}$ من كتلة ذرة الكربون 12.
كتلة الكربون 12 هي $12u$.

$$1u = 1,66 \times 10^{-27} kg$$

- **الإلكترون فولط** : يستعمل في تقدير الطاقة على المستوى الذري في التفاعلات النووية وحدة الإلكترون فولط (eV) ومضاعفاته:

$$1eV = 1,62 \times 10^{-19} J$$

القيمة	الإسم	الرمز
$10^3\ eV$	الكيلو إلكترون فولط	keV
$10^6\ eV$	الميغا إلكترون فولط	MeV
$10^9\ eV$	الجيغا إلكترون فولط	GeV

طاقة الربط للنواة

- **النقص في كتلة النواة** : تتكون النواة ^A_ZX من Z بروتونا و $N = A - Z$ نوترونا.
نتوقّع أن تحقق كتلتها m_X المساواة التالية:

$$m_X = Z . m_p + (A-Z) . m_n$$

حيث يرمز m_p و m_n إلى كتلة البروتون والنوترون على التوالي.

لكنه في الواقع، فإننا نلاحظ وجود نقص في الكتلة من أجل كل نواة معرف على النحو التالي:

$$\Delta m = Z.m_p + (A-Z).m_n - m_X$$

- **طاقة الربط** : طاقة الربط E_ℓ لنواة هي الطاقة التي يجب تقديمها لنواة ساكنة في مرجع معين من أجل تفكيكها إلى مختلف نيوكليوناتها المعزولة والساكنة.
وبتطبيق قانون انحفاظ الطاقة، يمكن كتابة المساواة التالية:

$$m_X c^2 + E_\ell = Z.m_p.c^2 + (A-Z)\ m_n.c^2$$

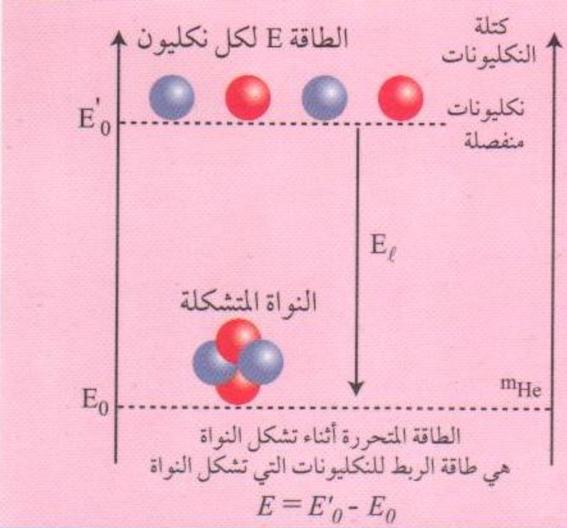
طاقة كتلة النواة ^A_ZX	طاقة كتلة البروتونات	طاقة كتلة النوترونات

وبذلك تكون طاقة ربط النواة E_ℓ هي:

$$E_\ell = [Z.m_p + (A-Z).m_n].c^2 - m_X c^2$$

$$E_\ell = [Z.m_p + (A-Z).m_n - m_X].c^2$$

$$E_\ell = \Delta m.c^2$$

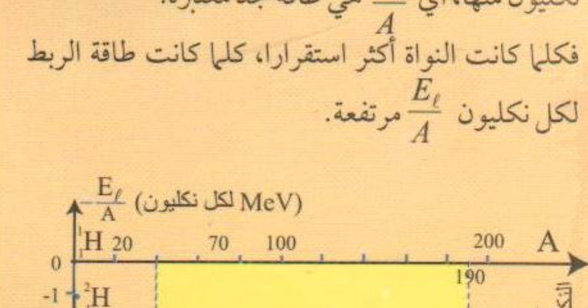


الإنشطار والإندماج النوويان

*** طاقة الربط لكل نكليون:**

عندما تكون النواة مستقرة، فإن قابليتها للخضوع إلى تفكك نووي ضعيفة نتيجة كونها نواة صلبة، متينة ومتماسكة وهذا يعني أن الطاقة التي يجب صرفها لانتزاع نكليون منها، أي $\frac{E_\ell}{A}$ هي طاقة جد معتبرة.

فكلما كانت النواة أكثر استقرارا، كلما كانت طاقة الربط لكل نكليون $\frac{E_\ell}{A}$ مرتفعة.



تمثل $\frac{E_\ell}{A}$ القيمة المتوسطة للطاقة اللازمة لانتزاع نكليون منها.

ويمكن انتزاع البروتونات بأكثر سهولة من النوترونات، ولقد تم التأكد من أن الأنوية المختلفة التي تشترك في نفس العدد الكتلي (A) لها طاقات الربط لكل نكليون متقاربة.

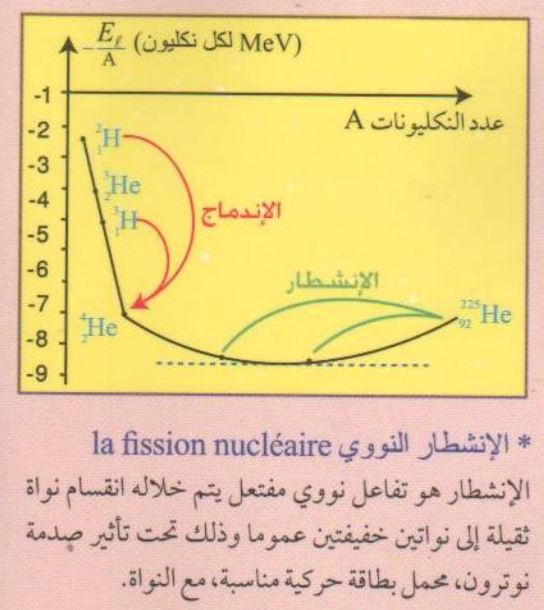
يسمح المنحنى البياني (**منحنى أستون Aston**) بمتابعة تطور $\frac{E_\ell}{A}$ بدلالة A. وغالبا ما يفضل تمثيل $-\frac{E_\ell}{A}$ بدلالة A.

توجد النقاط الممثلة للأنوية الأكثر استقرارا على الجزء السفلي للمنحنى البياني.

مبدأ الإنشطار والإندماج

يمكن للأنوية التي تمتلك طاقات ربط لكل نكليون ضعيفة نسبيا، أن تتحوّل إلى أنوية أخرى أكثر استقرارا محررة على إثر ذلك طاقة.

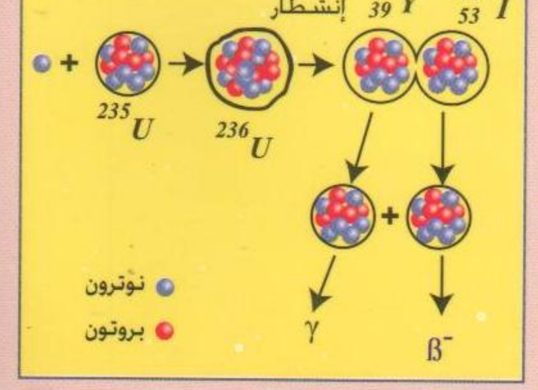
ويمكن أن يتم ذلك بواسطة طريقتين هما الإنشطار والإندماج النوويين.



*** الإنشطار النووي la fission nucléaire**

الإنشطار هو تفاعل نووي مفتعل يتم خلاله انقسام نواة ثقيلة إلى نواتين خفيفتين عموما وذلك تحت تأثير صدمة نوترون، محمل بطاقة حركية مناسبة، مع النواة.

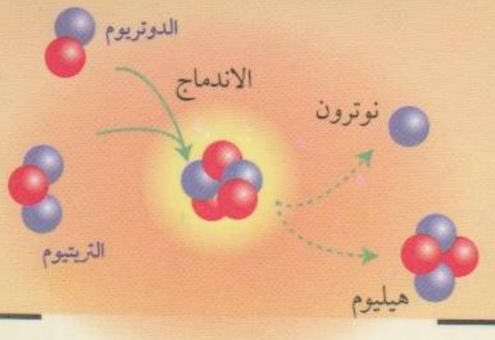
$$^1_0n + ^{235}_{92}U \rightarrow \; ^{139}_{53}I + ^{94}_{39}Y^* + 3^1_0n$$



❊ الإندماج النووي : la fusion nucléaire

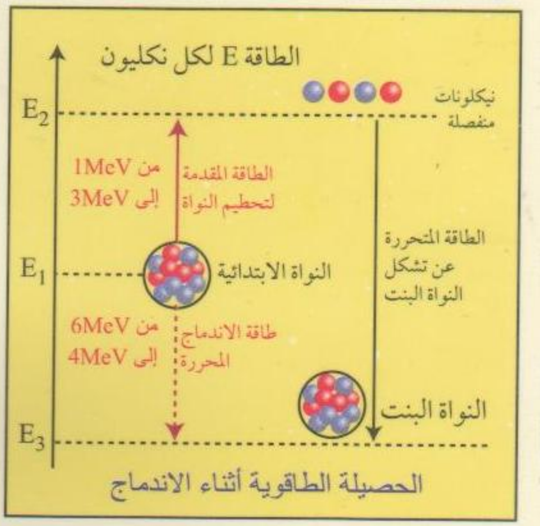
الإندماج هو تفاعل نووي مفتعل يتم خلاله التحام نواتين خفيفتين لتشكيل نواة أثقل مع تحرير طاقة.
يتطلب هذا التفاعل النووي ضغطا ودرجة حرارة جدّ عاليين.

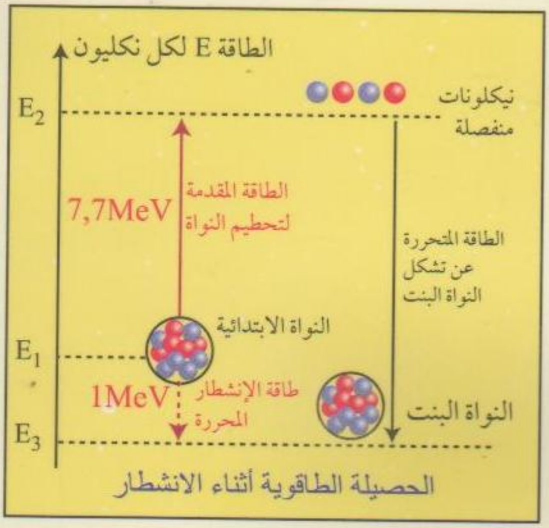
$$ {}_1^3H + {}_1^2H \rightarrow {}_2^4He + {}_0^1n $$



الحصيلة الطاقوية لتفاعل نووي :

يتمثل تحقيق الحصيلة الطاقوية لتفاعل نووي حساب : $\Delta E = E_{produits} - E_{réactifs}$ ،
حيث $E_{produits}$ و $E_{réactifs}$ هما طاقتا الكتلة للنواتج والمتفاعلات. إذا حررت الجملة طاقة، نقول عن التفاعل أنه ناشر للحرارة ويكون لدينا : $\Delta E < 0$





الطاقة التي يستقبلها الوسط الخارجي على شكل طاقة حركية E_C أو إشعاع γ تساوي إلى : $+\Delta E$

نعتبر تحوّلا نوويا معادلته من الشكل : ${}_{Z_1}^{A_1}X_1 + {}_{Z_2}^{A_2}X_2 \rightarrow {}_{Z_3}^{A_3}X_3 + {}_{Z_4}^{A_4}X_4$

لدينا: $\Delta E = [m({}_{Z_3}^{A_3}X_3) + m({}_{Z_4}^{A_4}X_4) - m({}_{Z_1}^{A_1}X_1) - m({}_{Z_2}^{A_2}X_2)] \cdot c^2$

أي: $\Delta E = [m_{produits} - m_{réactifs}].c^2$

للإنتقال من الحالة الابتدائية E_i إلى الحالة النهائية E_f ، فإن طاقة الجملة تتغير بالمقدار :

$$\Delta E = E_f - E_i$$

وعلى إثر ذلك تربح الجملة الطاقة $E_\ell(X_1) + E_\ell(X_2)$ وتخسر الطاقة $E_\ell(X_3) + E_\ell(X_4)$

ويكون لدينا إذن: $\Delta E = [E_\ell(X_1) + E_\ell(X_2)] - [E_\ell(X_3) + E_\ell(X_4)]$

أي: $\Delta E = E_{\ell(réactifs)} - E_{\ell(produits)}$

ضبط مطابقته للبرنامج المقرر :
أوراغ مولود مفتش التربية الوطنية

2010-059
كليك للنشر
ClicEditions
cliceditions@gmail.com
www.cliceditions.com

مشري فايق

العلوم الفيزيائية 2

الأحماض والأسس

الحمض

هو كل فرد كيميائي قادر على فقدان بروتون أو أكثر خلال تفاعل كيميائي.

الأساس

هو كل فرد كيميائي قادر على اكتساب بروتون أو أكثر خلال تفاعل كيميائي.

الثنائية أساس/ حمض

هي مجموعة الحمض والأساس المرافق له ونكتب اتفاقا (HA/A^-)

التفاعل حمض- أساس

هو تفاعل يتم خلاله انتقال بروتون H^+ من حمض ثنائية إلى أساس ثنائية أخرى.

$AH \rightarrow H^+ + A^-$ (AH/A^-)

$B + H^+ \rightarrow BH^+$ (BH^+/B)

$AH + B \rightarrow A^- + BH^+$

مفهوم الأس الهيدروجيني PH

نعطى عبارة PH بالعلاقة التالية

$$PH = -Log\left[H_3O^+\right]$$

$$[H_3O^+] = 10^{-PH}$$

النسبة النهائية لتقدم التفاعل τ_f

$$\tau_f = \frac{X_f}{X_{max}}$$

تتعلق بالحالة الإبتدائية للجملة و بثابت التوازن.

كسر التفاعل Q_r

في التفاعل $aA + bB = cC + dD$ يكون:

$$Q_r = \frac{[C]^c\,[D]^d}{[A]^a\,[B]^b}$$

ثابت التوازن K

$K = Q_{rf}$ K, Q_{rf} لا يتعلقان إلا بدرجة الحرارة.

ثابت الحموضة K_a للثنائية (أساس / حمض)

- $K_a = \frac{[H_3O^+]_f\,[A^-]_f}{[HA]_f}$
- $K_a(H_3O^+/H_2O) = \frac{[H_3O^+]_f}{[H_3O^+]_f} = 1$
- $K_a(H_2O/OH^-) = [H_3O^+]_f\,[OH^-]_f = K_e$

تعريف الـ PK_a

$PK_a = -\log K_a$ $K_a(H_3O^+/H_2O) = 0$

$K_a(H_2O/OH^-) = -\log K_e = 14$ عند $25°C$

جدول تقدم التفاعل.

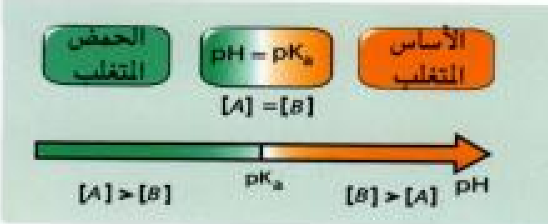
معادلة التفاعل		$B_{(aq)}$	$+\ H_2O_{(l)}$	$=\ HO^-_{(aq)}$	$+\ BH^+_{(aq)}$
المراحل	التقدم	كميات المادة (mol)			
الإبتدائية	0	n	بزيادة	0	0
الإنتقالية	x	$n-x$	بزيادة	x	x
النهائية	x_f	$n-x_f$	بزيادة	x_f	x_f

■ علاقة الـ PH بـ PK_a

$$PK_a = -log\ K_a = -log\ \frac{[H_3O^+]_f [A^-]_f}{[HA]_f}$$

$$= -log\ [H_3O^+]_f - log\ \frac{[A^-]_f}{[HA]_f} = PH - log\ \frac{[A^-]_f}{[HA]_f}$$

$$\boxed{PH = PK_a + log\ \frac{[A^-]_f}{[HA]_f}}$$



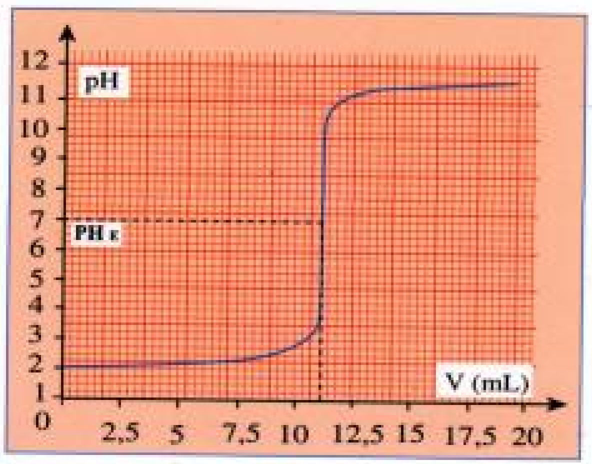
■ معايرة حمض قوي بأساس قوي والعكس.

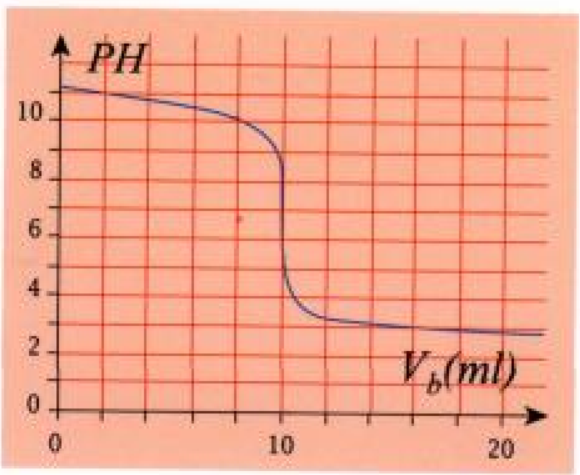
معادلة التفاعل حمض– أساس: $H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$

التفاعل تام أي عند التكافؤ تختفي كليا. ويعطي في النهاية محلولا ملحيا معتدلا.

عند التكافؤ لا يحتوي المحلول إلا على H_2O وبالتالي يكون $PH = 7$

ماء+ ملح ← أساس+ حمض





■ المنحنى البياني.

للمنحنى ثلاث مراحل:

- **مرحلة قبل التكافؤ: تتميز بما يلي:**
  - تغير كبير لحجم الأساس المسكوب من أجل تغير ضئيل لـ: PH
  - في هذه المرحلة المحلول حامضي
  - نقطة نصف التكافؤ ليس لها معنى.

- **مرحلة التكافؤ: تتميز بمايلي:**
  - قفزة سريعة لـ: PH أي تغير ضئيل لحجم الأساس المسكوب من أجل تغير كبير لـ: PH
  - وجود نقطة انعطاف ثانية نقطة التكافؤ.

- **مرحلة بعد التكافؤ: تتميز بمايلي:**
  - تغير كبير لحجم الأساس المسكوب من أجل تغير ضئيل لـ: PH
  - في هذه المرحلة المحلول قاعدي.

الكاشف المناسب هو: أزرق البروموتمول BBT

التقدم النهائي x_f

$$x_f = n_f(OH^-) = n_f(BH^+)$$

$$x_f = [OH^-]_f V = [BH^+]_f V$$

$$[OH^-]_f = [BH^+]_f$$

التقدم الأعظمي x_{max}

$$n - x_{max} = 0 \quad , x_{max} = n \quad , \quad x_{max} = CV$$

النسبة النهائية لتقدم التفاعل τ_f

$$\tau_f = \frac{x_f}{x_{max}} \qquad \tau_f = \frac{[OH^-]_f}{C}$$

كسر التفاعل

$$Q_{rf} = \frac{[OH^-]_f\ [BH+]_f}{[B]_f}$$

$$Q_{rf} = \frac{[HO^-]_f^{\,2}}{C - [HO^-]_f} \qquad Q_{rf} = \frac{\tau_f}{1-\tau_f} \cdot C$$

ثابت التوازن K

$$K = Q_{rf} = \frac{[OH^-]_f\ [BH+]_f}{[B]_f} = \frac{[OH^-]_f\ [H_3O^+]_f\ [BH+]_f}{[H_3O^+]_f\ [B]_f} = \frac{K_e}{K_a} \qquad K = \frac{K_e}{K_a}$$

	الحمض القوي	الحمض الضعيف
تعريف	هو حمض تشرده في الماء كلي.	هو حمض تشرده في الماء جزئي
التفاعل مع الماء	$HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} = H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$ التفاعل تام	$HA_{(aq)} + H_2O_{(l)} = H_3O^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$ التفاعل محدود
الأفراد النهائية	$H_2O,\ H_3O^+,\ A^-$	$HA,\ H_2O,\ H_3O^+,\ A^-$
تراكيز الأفراد	$[H_3O^+]_f = [A^-]_f = C$	$[H_3O^+]_f = [A^-]_f < C\ \ [HA]_f = C - [H_3O^+]_f$
Ph المحلول	$PH = -\log[H_3O^+] = -\log C$	$PH = -\log[H_3O^+] \neq -\log C$
النسبة τ_f	$\tau_f = 1$	$\tau_f < 1$

	الأساس القوي	الأساس الضعيف
تعريف	هو أساس تشرده في الماء كلي.	هو أساس تشرده في الماء جزئي
التفاعل مع الماء	$B_{(aq)} + H_2O_{(l)} = OH^-_{(aq)} + BH^+_{(aq)}$ التفاعل تام	$B_{(aq)} + H_2O_{(l)} = OH^-_{(aq)} + BH^+_{(aq)}$ التفاعل محدود
الأفراد النهائية	$H_2O,\ \ OH^-,\ \ B$	$BH^+,\ H_2O,\ \ OH^-,\ \ B$
تراكيز الأفراد	$[OH^-]_f = [BH^+]_f = C$	$[OH^-]_f = [BH^+]_f < C$
Ph المحلول	$PH = -\log[H_3O^+]_f$	$PH = -\log[H_3O^+]$
النسبة τ_f	$\tau_f = 1$	$\tau_f < 1$

تفاعل حمض HA مع أساس B

معادلة التفاعل

$$HA_{(aq)} + B_{(aq)} = BH^+_{(aq)} + A^-_{(aq)}$$

الثنائيات أساس/ حمض المشاركة في التفاعل

HA / A^- $\quad$ BH^+ / B

جدول تقدم التفاعل

معادلة التفاعل		$B_{(aq)} + H_2O_{(l)} = HO^-_{(aq)} + BH^+_{(aq)}$			
المراحل	التقدم	كميات المادة $(ntol)$			
الإبتدائية	0	n_1	n_2	0	0
الإنتقالية	x	n_1-x	n_2-x	x	x
النهائية	x_f	n_1-x_f	n_2-x_f	x_f	x_f

التراكيز النهائية

$$[B]_f = \frac{n_2 - x_f}{V} \quad [HA]_f = \frac{n_1 - x_f}{V} \quad [BH^+]_f = [A-]_f = \frac{X_f}{V}$$ حيث $V = V_1 + V_2$

التقدم النهائي

$$x_f = [BH^+]_f \quad V = [A^-]_f$$

التقدم لأعظمي x_f

x_{max} يحقق :

$n_1 - x_{max} = 0$ أو $n_2 - x_{max} = 0$

أي : $x_{max} = n_1 = C_1V_1$

أو $x_{max} = n_2 = C_2V_2$

نفرض أن : $n_1 < n_2$ أي $x_{max} = n_1$

النسبة النهائية لتقدم التفاعل τ_f

$\tau_f = \dfrac{X_f}{X_{max}}$ ومنه : $xf = \tau_f \cdot x_{max}$

أي : $xf = \tau_f \cdot n_1$

كسر التفاعل

$$Q_{rf} = \frac{[A^-]_f [BH^+]_f}{[AH]_f [B]_f} = \frac{\frac{X_f}{V} \frac{X_f}{V}}{\frac{(n_1 - x_f)}{V} \frac{(n_2 - x_f)}{V}}$$

$$= \frac{X_f^2}{(n_1 - x_f)(n_2 - x_f)} = \frac{\tau_f^2 \cdot n_2^2}{(n_1 - \tau_f . n_1)(n_2 - \tau_f . n_2)}$$

$$= \frac{\tau_f^2 \cdot n_2^2}{n_1(1 - \tau_f) . n_1(\frac{n_2}{n_1} - \tau_f)} = \frac{\tau_f^2 \cdot n_2^2}{(1 - \tau_f) . n_1(\frac{n_2}{n_1} - \tau_f)}$$

حالة خاصة

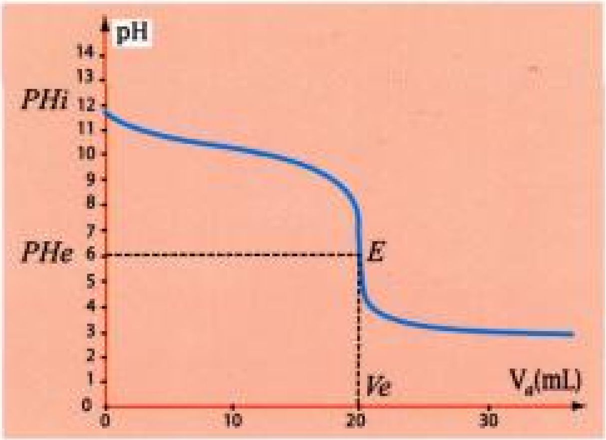
من أجل : $n_1 = n_2$ يكون : $Q_{rf} = \dfrac{\tau_f^2}{(1 - \tau_f)^2}$

ثابت الحموضة للثنائيات أساس/ حمض

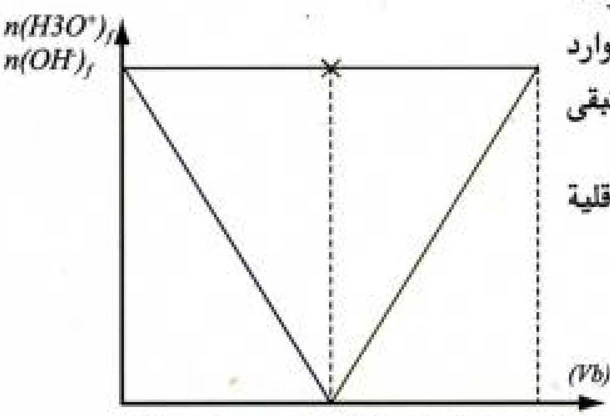
- $K_a(BH/B) = \dfrac{[H_3O^+]_f [B]_f}{[BH^+]_f}$
- $K_a(AH/A^-) = \dfrac{[H_3O^+]_f [A^-]_f}{[HA]_f}$

ثابت التوازن K

$$K = Q_{rf} = \frac{[A^-]_f \ [BH^+]_f}{[HA]_f \ [B]_f} = \frac{[H_3O^+]_f [A^-]_f}{[HA]_f} \times \frac{[BH^+]_f}{[H_3O^+]_f [B]_f} = \frac{K_a(AH/A^-)}{K_a(BH/B)}$$



تغيرات الناقلية بدلالة حجم الأساس المضاف



تغيرات عدد المولات الهيدرونيوم والهيدروكسيد بدلالة حجم الأساس المضاف

المنحنى البياني

للمنحنى ثلاث مراحل:

مرحلة قبل التكافؤ: تتميز بمايلي:

- تغير كبير لحجم الحمض المسكوب من أجل تغير ضئيل لـ: PH
- في هذه المرحلة المحلول قاعدي.

مرحلة التكافؤ: تتميز بمايلي:

- قفزة سريعة لـ: PH أي تغير ضئيل لحجم الحمض المسكوب من أجل تغير كبير لـ: PH
- وجود نقطة انعطاف ثانية نقطة التكافؤ.

مرحلة بعد التكافؤ: تتميز بمايلي:

- تغير كبير لحجم الحمض المسكوب من أجل تغير ضئيل لـ: PH
- في هذه المرحلة المحلول حامضي.

الكاشف المناسب هو: أحمر المثيل أو الهيليانتين.

المعايرة باستعمال الناقلية

– كل الشوارد الموجودة في المحلول تؤثر في ناقلية محلول.

– بعد التحول جزء من شوارد H_3O^+ تستهلك بفعل شوارد OH^- وتعوض بنفس الكمية بشوارد Na^+. كمية شوارد تبقى ثابتة ومنه فكمية الشوارد تبقى ثابتة قبل وبعد الإضافة.

– سبب تناقص ناقلية المحلول راجع للفرق في الناقلية النوعية المولية للشاردتين H_3O^+ و OH^-

عند 25: $\lambda_{H_3O^+} = 34,98\ ms.m^2/mol$

$\lambda_{Na^+} = 5,01\ ms.m^2/mol$

المجال الأول:

شوارد المضافة تستهلك كليا.

شوارد تتناقص خطيا بدلالة حجم الأساس المضاف.

تناقض ناقلية المحلول راجع لإحلال شوارد بنفس الكمية التي ناقليتها النوعية المولية ضعيفة محل شوارد

المجال الثاني:

شوارد الإبتدائية تستهلك كليا.

لا يوجد أي تحول كيميائي أثناء الإضافة.

تزايد ناقلية المحلول لإضافة شوارد OH^- و Na^+

DL : 2008-503
2008-060
كليك للنشر
ClicÉdition
حي الكثبان، عمارة أ، مدخل 10 محل 23، المحمدية، الجزائر.
الهاتف: 021 82 00 15 / 021 82 96 37، الفاكس: 021 82 96 37.
البريد الإلكتروني: clicedition@gmail.com

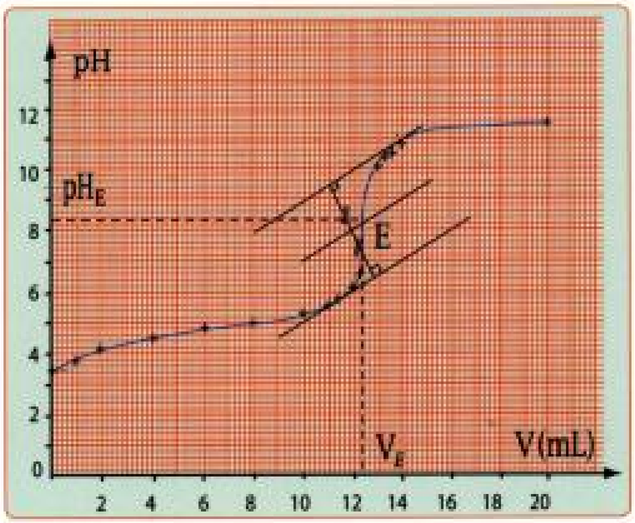
معايرة حمض ضعيف بأساس قوي .

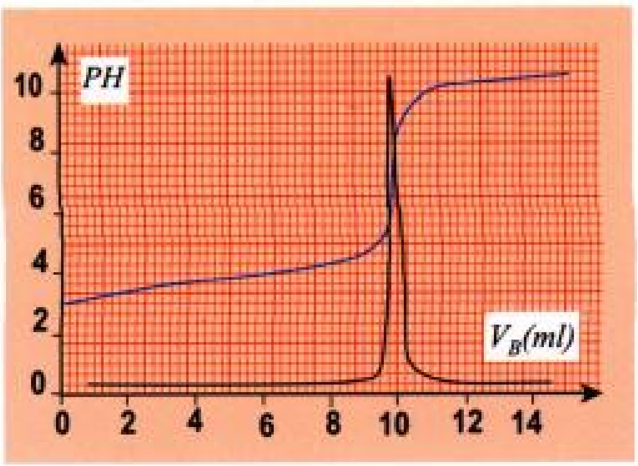
معادلة التفاعل حمض– أساس: $AH + OH^- = A^- + H_2O$

والتفاعل تام أي عند التكافؤ AH و OH^- تختفي كليا ويعطي في النهاية محلولا ملحيا أساسيا.

عند التكافؤ لا يحتوي المحلول إلى على A^- و H_2O وبالتالي يكون الـ $PH>7$

ماء+ ملح ← أساس+ حمض





● **مرحلة قبل التكافؤ: تتميز بما يلي:**

– تغير كبير لحجم الأساس المسكوب من أجل تغير ضئيل لـ: PH

– في هذه المرحلة المحلول حامضي

– وجود نقطة انعطاف أولى للبيان، نقطة نصف التكافؤ.

● **مرحلة التكافؤ: تتميز بمايلي:**

– قفزة سريعة لـ: PH أي تغير ضئيل لحجم الأساس المسكوب من أجل تغير كبير لـ: PH

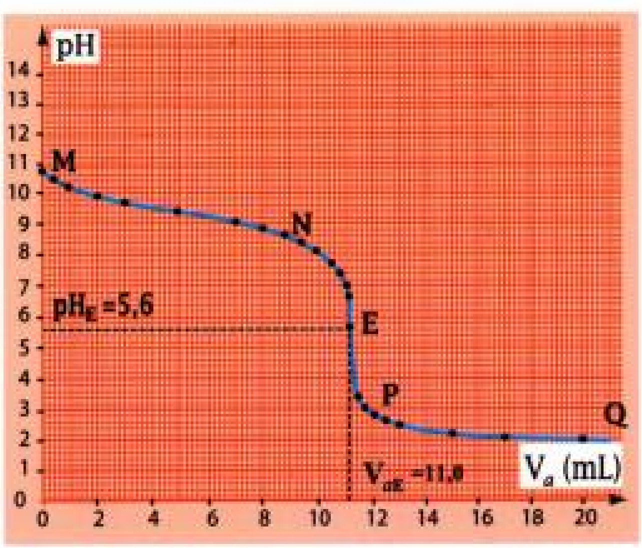
– وجود نفطة انعطاف ثانية نقطة التكافؤ.

● **مرحلة بعد التكافؤ: تتميز بمايلي:**

– تغير كبير لحجم الأساس المسكوب من أجل تغير ضئيل لـ: PH

– في هذه المرحلة المحلول قاعدي.

الكاشف المناسب هو: الفينول فتالين



معايرة أساس ضعيف بحمض قوي

معادلة التفاعل حمض– أساس:

$$B + H_3O^+ = BH^+ + H_2O$$

التفاعل تام أي عند التكافؤ B و H_3O^+ تختفي كليا ويعطي في النهاية محلولا ملحيا حمضيا

عند التكافؤ لا يحتوي المحلول إلا على BH^+ و H_2O وبالتالي يكون الـ $PH>7$

ماء+ ملح ← أساس+ حمض

المعايرة معايرة نوع كيميائي في محلول تهدف لمعرفة التركيز المولي لهذا النوع في المحلول أو لمعرفة كمية المادة لهذا النوع الموجودة في حجم معين من هذا المحلول.

شروط المعايرة:

التفاعل أحادي الإتجاه.

التفاعل تام.

التفاعل سريع.

ملاحظات:

- قبل التكافؤ النوع المعاير هو المتفاعل المحد.
- عند التكافؤ النوع المعاير والنوع المعاير يكونا في الشروط الستوكيو مترية

أي: (المعاير) (المعاير)

أي: $C_aV_a = C_bV_b$

- بعد التكافؤ النوع المعاير هو المتفاعل المحد.
- النوع المعاير دائما قوي.
- بين المجالين توجد نقطة وحيدة هي نقطة التكافؤ (التعديل)

$$n(H_3O^+)_0 = n(OH^-)_{eq}$$

- يحدد حجم الأساس اللازم عند التكافؤ من الشكل – 1– ثم يحسب تركيز محلول حمض كلور الماء المجهول .

قوانين هامة

الشروط النظامية: $P = 1,013.10^5\ pa$

يكون عندها $Vm = 22,4\ l/mol$

درجة الحرارة المطلقة: $T(k) = t(°C) + 273$

- كمية المادة لنوع كيميائي (صلب، سائل، غاز): $n = \frac{m}{M}$
- كمية المادة لنوع كيميائي (غاز): $n = \frac{V_g}{V_m}$
- قانون الغازات المثالية: $PV = nRT$

$n : mol$ $T : kelvin$

$R = 8,314$

$P : pa$ $V : m^3$

- الكتلة الحجمية: $\sigma = \frac{m}{V}$
- التركيز الكتلي: $C = \frac{m}{V}$
- التركيز المولي: $C = \frac{n}{V}$

- تركيز محلول ناتج عن مزج محلولين لهما نفس النوع $C = \frac{n_1+n_2}{V_1+V_2}$
- تركيز محلول تجاري $C = \frac{10P.d}{M}$

درجة النقاوة: P الكثافة: d

- ناقلية محلول: $G = \frac{1}{R} = \frac{I}{U} = \sigma\frac{S}{L}$
- الناقلية النوعية لمحلول: $\sigma = \lambda C$

مع $C\ mol/m^3$

- كثافة سائل أو صلب: $d = \frac{\sigma}{\sigma_0}$
- قانون كولروش: $\sigma = \sum \lambda_i [X_i]$
- كثافة غاز: $d = \frac{\sigma}{\sigma_0}$

σ الكتلة الحجمية للغاز،

σ_0 الكتلة الحجمية للماء.

- كثافة غاز في الشروط النظامية: $d = \frac{M}{29}$
- التمديد: $C = \frac{n}{V + V_{H_2O}}$
- قانون التمديد: $CV = C'V'$

المحلول الأم (CV)

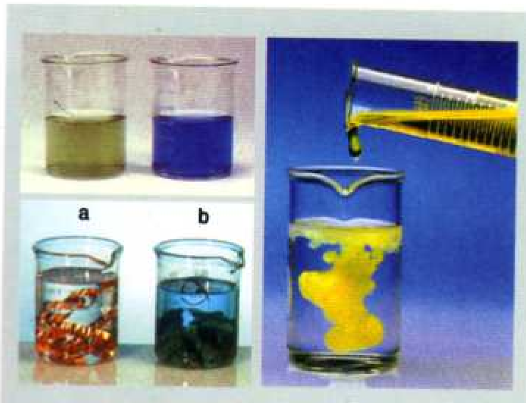
المحلول البنت $(C'V')$

- معامل التمديد: $F = \frac{C}{C'} = \frac{V}{V'}$

العلوم الفيزيائية 3

تطور جملة كيميائية

■ التحول الكيميائي



- **سريعا أو لحظيا** . إذا كان تطور الجملة يصل إلى حالته النهائية مباشرة عند التلامس بين المتفاعلات. $t(ms\ ,\mu s)$
- **بطيئا** . إذا كان تطور الجملة يدوم عدة ثواني إلى عدة دقائق.
- **لا متناهي البطء** . إذا كان التطور يدوم عدة أيام أو عدة أشهرأو عدة أعوام أو عدة قرون.

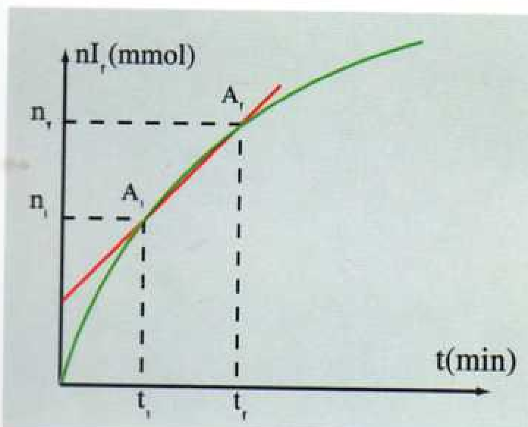
■ سرعة التفاعل

- **سرعة تشكل النوع** A .

$$V_A=\frac{dn}{dt}=\frac{n-n_0}{t}$$

- **السرعة المتوسطة لتشكل النوع** A.

$$V_{A_m}=\frac{\Delta n}{\Delta t}=\frac{n_2-n_1}{t_2-t_1}$$



- **السرعة الحجمية للتفاعل في وسط مائي حجمه** V.

$$V_A=\frac{d[A]}{dt}=\frac{[A]-[A_0]}{t}$$

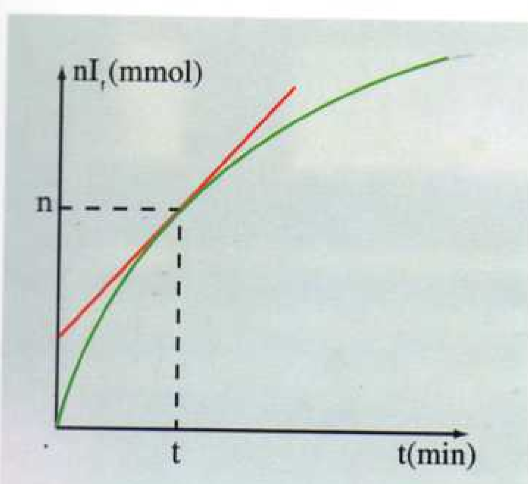
$$V=\frac{1}{v}\frac{dx}{dt}=\frac{1}{v}\frac{(x-x_0)}{t}$$

- **سرعة التفاعل**

$$V=\frac{dx}{dt}$$

تمثل بيانيا ميل المماس للمنحنى عند اللحظة t.

حيث x يمثل تقدم التفاعل



- **سرعة اختفاء النوع** D

$$V_D=-\frac{dn_D}{dt}$$

- **السرعة الحجمية لاختفاء** D.

$$V_A=-\frac{d[D]}{dt}=-\frac{[D]-[D_0]}{t}=-\frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$$

■ الثنائية (مرجع/ مؤكسد)

تفاعل الأكسدة والإرجاع هو تفاعل يحدث بين المؤكسد للثنائية والمرجع لثنائية أخرى ويتم فيه انتقال الإلكترونات من المرجع إلى المؤكسد.

$$(Red_1 \rightarrow Ox_1 + n_1 e^-) \times n_2$$
$$(Ox_2 + n_2 e^- \rightarrow Red_2) \times n_1$$

$$n_2 Red_1 + n_1 Ox_2 \rightarrow n_2 Ox_1 + n_1 Red_2$$

■ الناقلية الكهربائية

$$\underset{Siemens}{G} = \frac{\overset{A}{I}}{\underset{V}{U}} = \underset{S}{\sigma} \frac{\overset{m^2}{s}}{\underset{m}{\ell}}$$

$$\underset{S.m^2.mol^{-1}}{\sigma = (\lambda_{x^-} + \lambda_{x^+})} \underset{mol.m^{-3}}{C}$$

■ متابعة تحول كيميائي عن طريق المعايرة

- معايرة نوع كيميائي في محلول مائي هو تعيين تركيزه المولي في هذا المحلول.
- في عملية المعايرة وعند التكافؤ، المتفاعل المعايِر والمتفاعل المعايَر يتفاعلان كليا.

معادلة التفاعل الكيميائي المنمذج للمعايرة

$$I_{2\,(aq)} + 2S_2O_3^{2-} = 2I^-_{(aq)} + S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$$

	$I_{2\,(aq)}$ +	$2S_2O_3^{2-}$ =	$2I^-_{(aq)}$ +	$S_4O_6^{2-}{}_{(aq)}$
الحالة الابتدائية	$n_0\,(I_2)$	$n_0\,(S_2O_3^{2-})$	0	0
الحالة الانتقالية	$n_0 - x$	$n_0 - 2x$	$2x$	x
حالة التوازن	$n_0 - x_e$	$n_0 - 2x_e$	$2x_e$	x_e

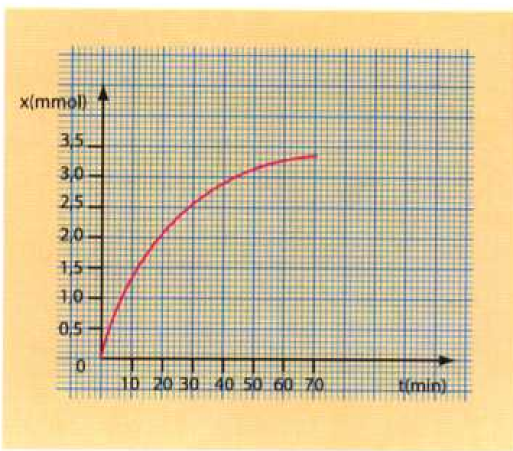
عند التكافؤ :

$$\begin{cases} n_0\,(S_2O_3^{2-}) - 2x_e = 0 \\ n_0\,(I_2) - x_e = 0 \end{cases}$$

$$x_e = \frac{n_0\,(S_2O_3^{2-})}{2} = n_0\,(I_2)$$

$$n_0\,(I_2) = \frac{n_0\,(S_2O_3^{2-})}{2} = \frac{C_3 V_e}{2}$$

تعيين التقدم x إنطلاقا من عدد مولات المتفاعلات أو النواتج



متابعة تطور جملة كيميائية

يسمح التقدم x لتفاعل كيميائي (مقدرا بـ mol) بمتابعة تطور التحول الكيميائي. خلال تفاعل تام، التقدم الأعظمي يوافق الاختفاء الكلي للمتفاعل المحد.

إنشاء جدول التقدم

	التقدم	المتفاعلات		النواتج	
		$aA + bB \rightarrow cC + dD$			
الحالة الابتدائية	0	$n_1(A)$	$n_2(B)$	0	0
الحالة الانتقالية	x	$n_1(A)-ax$	$n_2(A)-bx$	cx	dx
الحالة النهائية		$n_1(A)-ax_{max}$	$n_2(A)-bx_{max}$	cx_{max}	dx_{max}

أهم المعادلات المتفاعلات الكيميائية (السريعة والبطيئة والبطيئة جدا)

التحولات السريعة (محلول برمنغنات البوتاسيوم) مع كبريتات الحديدي الثنائي:

معادلة الإرجاع $MnO_4^-{}_{(aq)} + 8H^+{}_{(aq)} + 5e^- = Mn^{2+}{}_{(aq)} + 4H_2O \quad (MnO_4^- / Mn^{2+})$

معادلة الأكسدة $5\times(Fe^{2+}{}_{(aq)} = Fe^{3+}{}_{(aq)} + 1e^-) \quad (Fe^{3+}/Fe^{2+})$

المعادلة الإجمالية $MnO_4^-{}_{(aq)} + 8H^+{}_{(aq)} + 5Fe^{2+}{}_{(aq)} = Mn^{2+}{}_{(aq)} + 5Fe^{3+}{}_{(aq)} + 4H_2O$

التحولات البطيئة

معادلة الإرجاع: بيرروكسود بكبرتات الصوديوم $S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} + 2e^- = 2SO_4^{2-}{}_{(aq)} \; (S_2O_8^{2-} / SO_4^{2-})$

معادلة الأكسدة: $2I^-{}_{(aq)} = 2I_{(aq)} + 2e^- \quad (I_{2(aq)}/I^-{}_{(aq)})$

المعادلة الإجمالية: $2I^-{}_{(aq)} + S_2O_8^{2-}{}_{(aq)} = I_2 + 2SO_4^{2-}{}_{(aq)}$

-التحول الكيميائي البطيء جدًا $MnO_4^-{}_{(aq)} + 4H^+{}_{(aq)} + 3e^- = MnO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)}$

$2H_2O_{(l)} = O_{2(g)} + 4H^+ + 4e^-$

معادلة التفاعل المندمج: $4MnO_4^-{}_{(aq)} + 4H^+{}_{(aq)} = 4MnO_{2(s)} + 3O_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$

معادلة الماء الأوكسجيني: $H_2O_{2\,(aq)} + 2H^+{}_{(aq)} + 2e^- = 2H_2O_{(l)}$

$H_2O_{2\,(aq)} = O_{2(g)} + 2H^+{}_{(aq)} + 2e^-$

معادلة إرجاع بكرومات البوتاسيوم إلى شاردة كروم:

$Cr_2O_7^{2-}{}_{(aq)} + 14H^+ + 6e^- = 2Cr^{3+}{}_{(aq)} + 7\,H_2O$

مراقبة الحالة النهائية

جدول التقدم لتفاعل الأسترة

	$R\text{-}COOH$	$+ R'\text{-}OH$	$= R\text{-}COOR'$	$+ H_2O$
الحالة الابتدائية	n_0	0	0	0
الحالة النهائية	n_0-X_f	n_0-X_f	X_f	X_f

● مردود الأسترة

في حالة مزيج ابتدائي متساوي كمية المادة (متساوي المولات) من الحمض الكربوكسيلي والكحول فإن مردود الأسترة يتعلق بصنف الكحول المستعمل.

$$\text{مردود الأسترة} = \frac{\text{كمية مادة الكحول أو الحمض المتفاعل}}{\text{الكمية الابتدائية للحمض أو الكحول}} = \frac{n}{n_0} = \frac{X_f}{X_{max}} = r_{\text{استرة}}$$

● مردود إماهة الأسترة

$$\text{مردود إماهة الأسترة} = \frac{\text{كمية المادة للأستر أو للماء المتفاعل}}{\text{الكمية الابتدائية للأستر أو الماء}} = \frac{n}{n_0} = \frac{X_f}{X_{max}} = r'_{\text{إماهة}}$$

● ثابت التوازن K

في حالة مزيج تفاعل الأسترة :

$$K = \frac{[\text{الأستر}]_f\ [\text{الماء}]_f}{[\text{الحمض}]_f\ [\text{الكحول}]_f}$$

$$K = \frac{n_{\text{الأستر}}\ n_{\text{الماء}}}{n_{\text{الحمض}}\ n_{\text{الكحول}}}$$

مراقبة سرعة تفاعل الأسترة (أو إماهة الأسترة)

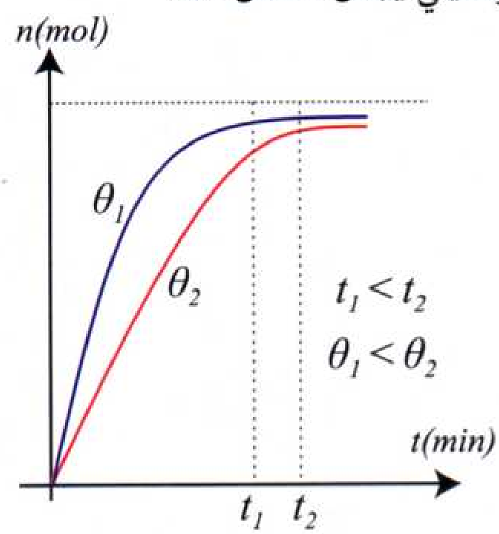
تتزايد سرعة التفاعل دون تغيير المردود :

- إذا زادت درجة الحرارة
- إضافة قطرات من حمض الكبريت المركز H_2SO_4 (زيادة شوارد H^+)

● مراقبة مردود التفاعل

يزداد مردود التفاعل في الحالات التالية

- المزيج الابتدائي غير متساوي كمية المادة.
- إجراء تفاعل الأستر بكلور الإسيل بدل الحمض الكربوكسيلي يجعل التفاعل تاما.



DI : 2008 - 541

2008-061

كليك للنشر

ClicÉdition

حي الكثبان، عمارة أ، مدخل 10 محل 23، المحمدية، الجزائر.
الهاتف: 021 82 00 15 / 021 82 96 37، الناسوخ: 021 82 96 37.
البريد الإلكتروني: clicedition@gmail.com

تحولات الأسترة وإماهة الأسترة

تفاعل الأسترة

تفاعل الأسترة هو تفاعل حمض كربوكسيلي ضعيف مع كحول فينتج أستر وماء حسب معادلة التفاعل التالية :

أستر + ماء = كحول + حمض كربوكسيلي

الصيغة الجزيئية نصف المفصلة للأستر هي :

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{\underset{\underset{O-H}{|}}{C}} + R'-OH = R-\overset{\overset{O}{\|}}{\underset{\underset{O-R'}{|}}{C}} + H_2O$$

الصيغة الجزيئية المجملة للأستر هي : $C_nH_{2n}O_2$ مع $n \geq 2$

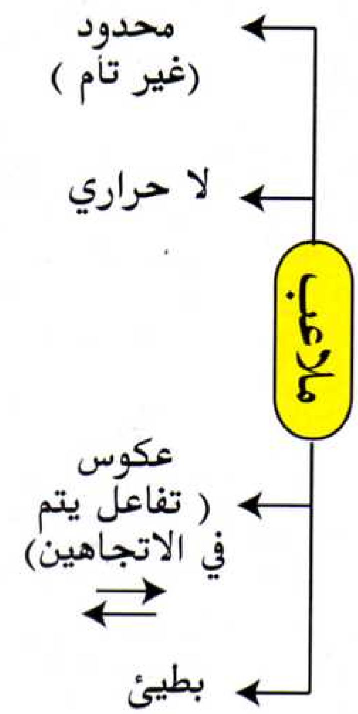
تفاعل إماهة الأسترة هو تفاعل أستر مع ماء فينتج حمضا كربوكسيليا و كحولا.

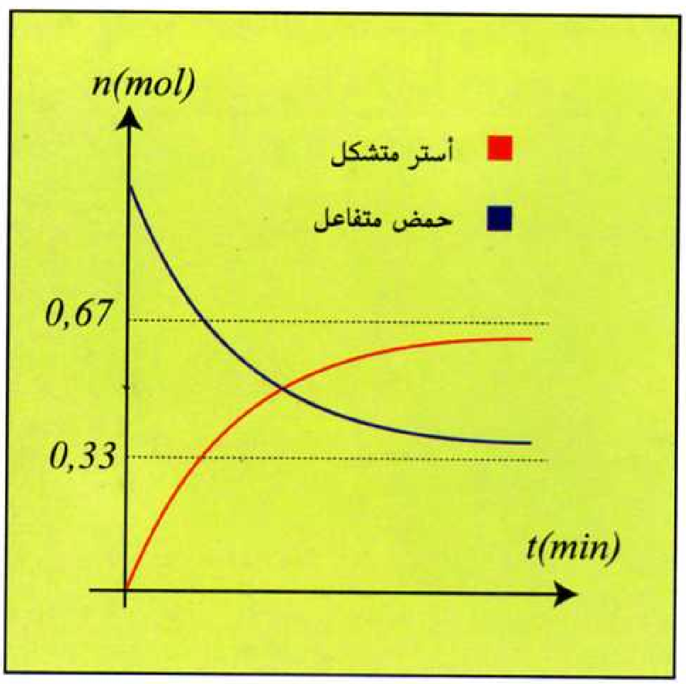
كحول + حمض كربوكسيلي = أستر + ماء

$$R-\overset{\overset{O}{\|}}{\underset{\underset{O-R'}{|}}{C}} + H_2O = R-\overset{\overset{O}{\|}}{\underset{\underset{O-H}{|}}{C}} + R'-OH$$

خصائص تفاعلي الأسترة و إماهة الأسترة

يمكن ان نجمع هذه الخصائص في كلمة «**ملاعب**»





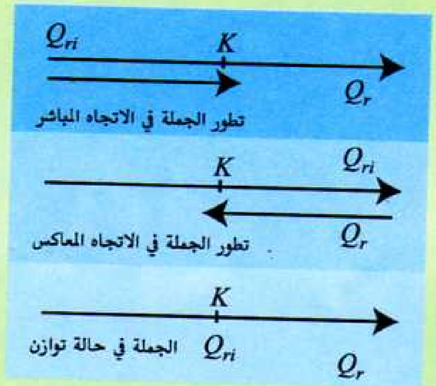
■ التطور التلقائي لجملة كيميائية

إذا كان:

$Q_r < k$ تتطور الجملة في الإتجاه المباشر للتفاعل.

$Q_r > k$ تتطور الجملة في الإتجاه المعاكس للتفاعل.

$Q_r = k$ لا تتطور الجملة، حالتها في توازن كيميائي.



■ التحول التلقائي

تحول يحدث عفويا ويمكن أن يكون بتحويل الكتروني مباشر أو غير مباشر.

يتشكل العمود من نصفين، ومن وصلة كهروكيميائية ويتميز بقوة محركة كهربائية E عند اشتغال العمود يتولد تيار كهربائي في الدائرة الخارجية بسبب تحويل الكتروني غير مباشر بين المرجع والمؤكسِد.

كمية الكهرباء التي ينتجها العمود خلال ...

$$Q = I\,\Delta t = z\,.\,x\,.\,F$$

عندما تصل الجملة الكيميائية إلى حالة التوا... عن الإشتغال $I=0$.

● متابعة تحول كيميائي عن طريق قياس الناقلية

الماء والإيثانول +2 كلور 2 مثيل بروبان: حسب المعادلة:

	$R\,Cl_{(aq)}$ +	$H_2O_{(l)}$ =	$R\,Oh_{(aq)}$ +	$H^+_{(aq)}$ +	$Cl^-_{(aq)}$
الحالة الابتدائية	n_0	بزيادة	0	0	0
الحالة الانتقالية	$n_0 - x(t)$	بزيادة	$x(t)$	$x(t)$	$x(t)$
الحالة النهائية	0	بزيادة	x_f	x_f	x_f

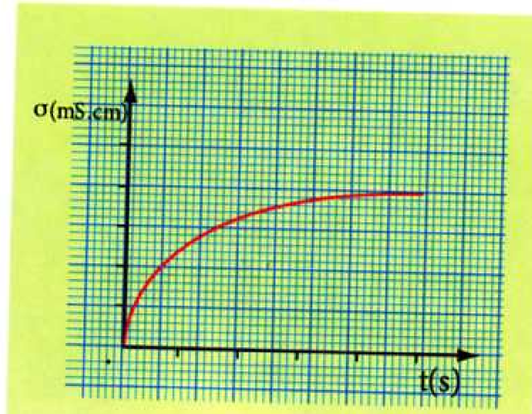
■ $x_f = n_0 \Rightarrow [H^+](t) = [Cl^-](t) = \dfrac{x(t)}{V}$

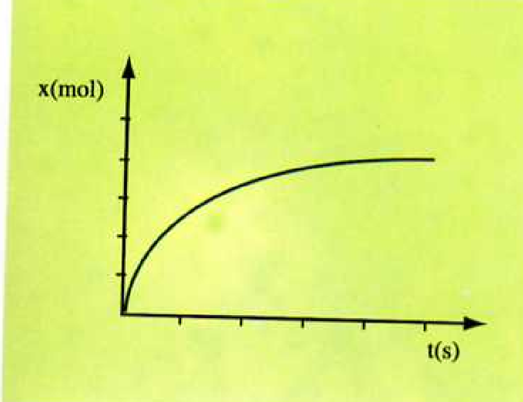
■ $\sigma(t) = (\lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-})\,\dfrac{x(t)}{V}$

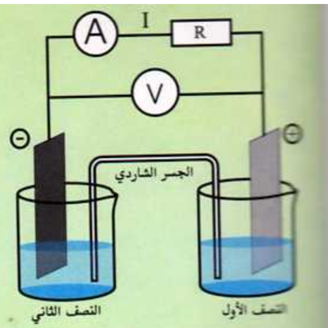
■ $\sigma_f = (\lambda_{H^+} + \lambda_{Cl^-})\,\dfrac{n_0}{V}$

$$\boxed{\frac{\sigma(t)}{\sigma_f} = \frac{x(t)}{n_0} \Rightarrow x(t) = \frac{n_0}{\sigma_f}\,\sigma(t)}$$

إن قياس الناقلية النوعية لوسط تفاعلي يسمح بالمتابعة المستمرة لتقدم التفاعل خلال تطور جملة كيميائية



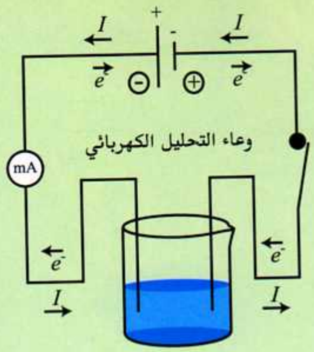




ومن أجل تقدم $x(mol)$ هي

فإن العمود يتوقف $Q_{rf} = K$

■ التحول القسري



التحول القسري تحول مفروض بواسطة طاقة خارجية.

التحليل الكهربائي لمتحلل شاردي (محلول أو مصهور) تحول قسري.

عند المصعد (القطب +) تحدث أكسدة وعند المهبط (القطب −) يحدث إرجاع.

خلال عملية التحليل الكهربائي يترسب معدن أو ينطلق غاز.

يمكن استغلال عملية التحليل الكهربائي صناعيا من أجل إنتاج معدن، تنقية معدن، تغطية جسم بواسطة معدن أو إنتاج غاز....

مراقبة تحول كيميائي

تفاعل الأسترة وتفاعل إماهة الإستر يحدثان في نفس الوقت في تحول الأسترة أو في تحول إماهة الأستر، يمكن نمذجة تحول الأسترة بالتفاعل ذي معادلة:

$$R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{\underset{\underset{\displaystyle O-H}{|}}{C}} + R'-OH = H_2O + R-\overset{\overset{\displaystyle O}{\|}}{\underset{\underset{\displaystyle O-R'}{|}}{C}}$$

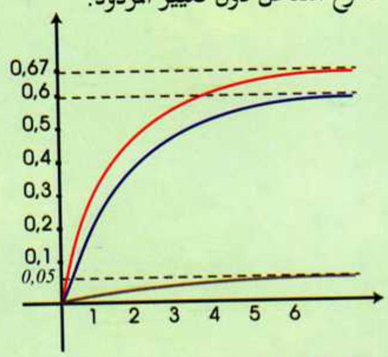
تحول الاسترة (أو تحول إماهة الأستر) بطيء، غير تام، لا حراري بحيث عند الحالة النهائية، تكون حالة الجملة في توازن كيميائي.

من أجل مزيج ابتدائي متكافئ في كمية المادة إن مردود الأسترة لا يتعلق بالحمض المستعمل ولكن يتعلق بصنف الكحول:

- إذا كان الكحول أوليا $67\ \%$ = (أسترة) r
  أي $33\ \%$ = (إماهة) r
- إذا كان الكحول ثانويا $60\ \%$ = (أسترة) r
  أي $40\ \%$ = (إماهة) r
- إذا كان الكحول ثلاثيا $5\ \%$ = (أسترة) r
  أي $95\ \%$ = (إماهة) r

■ مراقبة سرعة تفاعل الأسترة (أو إماهة الإستر)

- ارتفاع درجة الحرارة يسرّع التفاعل دون تغيير المردود.
- الشوارد تسرّع التفاعل دون تغيير المردود.



مراقبة مردود التحول

- ■ استعمال مزيج ابتدائي غير متكافئ في كمية المادة يحسّن مردود التفاعل.
- ■ حذف الاستر (أو الماء) المتشكل خلال تحول الأسترة، يجعل التحول تاما.
- ■ استعمال كلور الأسيل $RCOCl$، بدل الحمض الكربوكسيلي، يجعل التحول تاما.

لحذف الأستر المتشكل، نضيف إلى الوسط التفاعلي محلول لأساس قوي، فيحدث تفاعل يسمى تفاعل التصبّن (إذا كان الاستر نوعا دهنيا، نحصل على صابون)

الظواهر الكهربائية

ثنائيا القطب (R,C) و (R,L)

ج. سايس
أستاذ جامعي

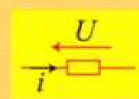
المكثفة وثنائي القطب RC

المكثفة

- **تعريفها و رمزها** : تتشكل المكثفة من سطحين معدنيين ناقلين (لبوسي المكثفة) مفصولين بعازل (هواء، ورق، خزف،...)

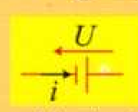
- الرمز النظامي للمكثفة هو: ⊣⊢

- **اصطلاح الآخذة والمولد**: من أجل دراسة السلوك الكهربائي لثنائي قطب، يجب توجيه الدارة المتسلسلة أو الفرع الذي يحتوي عليه.



اصطلاح الآخذة

◄ عادة يختار اتجاه التوجيه كيفيا ويستعمل في ذلك أسهم للشدات.



اصطلاح المولد

◄ تكون الشدة موجبة إذا كان اتجاه التيار الكهربائي هو نفسه اتجاه التوجيه المختار وتكون الشدة سالبة في الحالة العكسية.

- **العلاقة بين التوتر الكهربائي لمكثفة والشحنة «q» لأحد لبوسيها** :

اصطلاح المكثفة

نمثل مكثفة ونختار الاصطلاحات التالية:

♦ السهم الممثل للتوتر الكهربائي موجه نحو اللبوس الذي يحمل الشحنة «q».

♦ السهمان الممثلان للتوتر والشدة متعاكسان في الاتجاه.

على ضوء هذين الاصطلاحين، فإن العلاقة التي تربط بين التوتر الكهربائي U والشحنة q هي على النحو التالي :

$$q=C.U$$

حيث : q هي الشحنة الكهربائية مقدرة بالكولوم (C).

C هي سعة المكثفة مقدرة بالفاراد (F).

U التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة مقدر بالفولط (V).

وللتعبير عن السعة نستعمل غالبا أجزاء الفاراد :

- الميكروفاراد : $1\ \mu F = 10^{-6} F$
- النانوفاراد : $1\ nF = 10^{-9} F$
- البيكوفاراد: $1\ pF = 10^{-12} F$

نماذج مختلفة من المكثفات

- **العلاقة بين الشحنة الكهربائية والشدة** : الشدة هي تدفق الشحنات الكهربائية التي تحملها الإلكترونات (في المعادن) أو الشوارد (في المحاليل). تذكر دائما أن اتجاه انتقال الالكترونات هو معاكس للاتجاه الاصطلاحي للتيار الكهربائي.

العلاقة التي تعطي شدة التيار هي على النحو التالي: $i=\dfrac{dq}{dt}$

حيث: i هي شدة التيار الكهربائي الذي يصل إلى اللبوس ذي الشحنة q.

q :هي شحنة أحد لبوسي المكثفة.

تمثل الكتابة $\dfrac{dq}{dt}$ مشتق الشحنة q بالنسبة للزمن.

فإذا كان التيار الكهربائي يسري فعليا في الإتجاه الذي يشير إليه السهم الممثل للشدة، فإن i، وبالتالي $\dfrac{dq}{dt}$ موجب وهذا يعني أن الشحنة «q» تزداد.

- **الطاقة المخزنة في المكثفة** :

تعطى الطاقة المخزنة في المكثفة بالعلاقة : $E=\dfrac{1}{2}CU^2$

وبتعويض U بـ $\dfrac{q}{C}$ ، ينتج : $E=\dfrac{1}{2}\cdot\dfrac{q^2}{C}$

إن تخزين وتفريغ الطاقة لا يمكن أن يتمّا لحظيا ولأجل ذلك فإن شحن وتفريغ المكثفة لا يمكن أن يحدثا لحظيا.

وبالتالي فإن التوتر الكهربائي بين طرفي المكثفة والشحنة الكهربائية لكل لبوس لهذه المكثفة هما دوما مستمران.

- **التحليل البعدي** : يمكن تعيين وحدة ثابت الزمن $\tau = \dfrac{L}{r+r'}$ باستعمال التحليل البعدي.

لدينا: $U = L.\dfrac{di}{dt} + r.i$ إذن: $[U] = \dfrac{[L].[i]}{[t]}$

و $[U] = [r][i]$ ومنه نستنتج: $\dfrac{[L].[i]}{[t]} = [r].[i]$

أي أن: $\boxed{\dfrac{[L]}{[r]} = [t]}$

النسبة $\tau = \dfrac{L}{r+r'}$ هي إذن متجانسة مع الزمن، تسمى ثابت الزمن لثنائي القطب RL وتقدر بالثانية (s).

تعيين ثابت الزمن τ

◄ **الحساب المباشر**: بمعرفة قيمتي r و r' المقدرتين بالأوم (Ω) والذاتية L المقدرة بالهنري (H) يمكن حساب النسبة $\dfrac{L}{r+r'}$ التي تمثل ثابت الزمن τ لثنائي القطب RL والمقدر بالثانية (s).

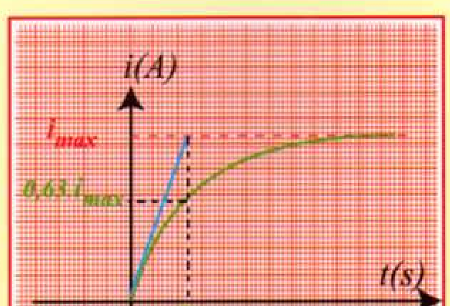
◄ **استعمال التمثيل البياني للاستجابة بالشدة إلى درجة التوتر لثنائي القطب RL** :

$$i(t) = \frac{E}{r+r'}\left(1- e^{-\frac{t}{\tau}}\right) = i_{max}\left(1- e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$$

* إذا كان : $t = \tau$، إذن : $i = i_{max}(1- e^{-1}) = 0,63.i_{max}$

توافق قيمة τ إلى فاصلة النقطة من المنحنى البياني $i(t)$ ذات الترتيبة $0,63.i_{max}$.

* المماس للمنحنى البياني $i(t)$ في اللحظة $t = 0$ يقطع الخط المقارب $i = i_{max}$ في النقطة ذات الفاصلة τ.

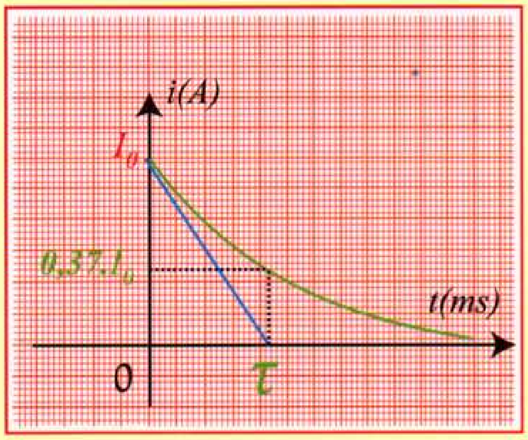


◄ **استعمال التمثيل البياني للاستجابة بالشدة أثناء انقطاع التيار في ثنائي القطب RL** :

لدينا عبارة الشدة : $i(t) = I_0.e^{-\frac{t}{\tau}}$

* إذا كان : $t = \tau$، إذن : $i = I_0.e^{-1} = 0,63.I_0$

* المماس للمنحنى البياني $i(t)$ في اللحظة $t = 0$ يقطع الخط المقارب $i = 0$ في النقطة ذات الفاصلة τ.



تأثير مميزات ثنائي القطب RL على مدة النظام الانتقالي :

تزداد مدة النظام الإنتقالي والمقدرة عموما بـ 5τ عندما تزداد الذاتية L وعندما تنقص المقاومة الكلية $R_{totale} = r + r'$.

تتم نشأة وانقطاع التيار بسرعة أكبر عندما:

- يكون ثابت الزمن τ صغيرا.
- تكون الذاتية L صغيرة.
- تكون المقاومة الكلية $(r + r')$ كبيرة.

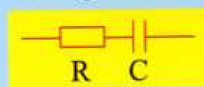
ضبط مطابقته للبرنامج المقرر:
أوراغ مولود مفتش التربية الوطنية

2010-060

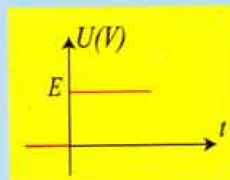
كليك للنشر
ClicEditions
حي الكثبان، عمارة أ، مدخل 10 محل 23، المحمدية، الجزائر.
الهاتف: 021 82 00 15 / 021 82 96 37، الناسوخ: 021 82 96 37.
البريد الإلكتروني: clicedition@gmail.com
www.cliceditions.com

تعاريف

- نسمي **ثنائي قطب** RC عملية جمع مقاومة R على التسلسل مع مكثفة سعتها C .



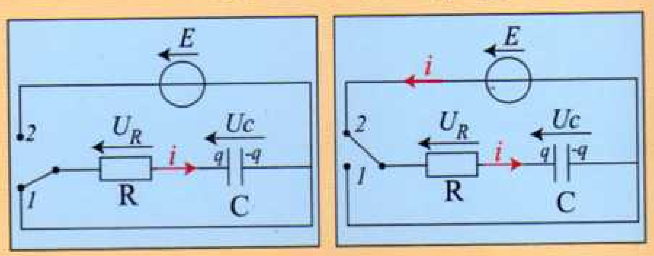
- **درجة التوتر (échelon de tension)** :



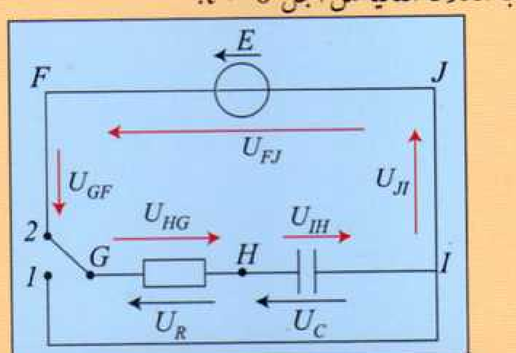
هي إشارة كهربائية من الشكل المقابل:
حيث يكون التوتر متقطعا يقفز فجأة من القيمة $0V$ إلى القيمة الثابتة E.

- **الإستجابة بالتوتر** لثنائي القطب RC هي التوتر $U(t)$ للمكثفة.
- **الإستجابة بالشدة** لثنائي القطب RC هي شدة التيار $i(t)$ الذي يجتازه.

- **وصف التركيب المستعمل في دراسة ثنائي القطب RC** : عندما تنتقل القاطعة من الوضع (1) إلى الوضع (2) ، ينتقل فجأة التوتر الكهربائي بين طرفي ثنائي القطب RC من القيمة 0 إلى القيمة الثابتة E وبذلك يخضع ثنائي القطب إلى درجة توتر.



- **دراسة تطور التوتر U_C بين طرفي المكثفة** : في اللحظة $t = 0$ ، ننقل القاطعة من الوضع (1) إلى الوضع (2). يسمح قانون جمع التوترات بكتابة العلاقة التالية من أجل $t > 0$:



$$U_{FJ}+U_{GF}+U_{HG}+U_{IH}+U_{JI}=0$$

حيث: $\bullet\ U_{HG}=-U_R$ $\quad\bullet\ U_{FJ}=E$ $\quad\bullet\ U_{IH}=-U_C$

$\bullet\ U_{GF}=0$ $\quad\bullet\ U_{JI}=0$

وبذلك يكون لدينا:

$$E - U_R - U_C = 0 \Rightarrow E = U_R+U_C \ \dots (1)$$

لكن: $U_R = R\,i$ و $i=\dfrac{dq}{dt}$ ، إذن: $U_R=R.\dfrac{dq}{dt}$

وكذلك: $q = C.U_c$

إذن: $\dfrac{dq}{dt}=\dfrac{d(C.U_c)}{dt}=C.\dfrac{dU_c}{dt}$

وعليه، فإن: $U_R=RC.\dfrac{dU_c}{dt}$

وبذلك تصبح المعادلة (1):

$$E=RC.\frac{dU_c}{dt}+U_C \quad \dots(2)$$

• أو:

$$\frac{dU_c}{dt}+\frac{U_c}{RC}=\frac{E}{RC} \quad \dots(3)$$

المعادلتان (2) و (3) هما معادلتان تفاضليتان تظهر فيهما الدالة $U_C(t)$ مع مشتقتها $\dfrac{dU_c}{dt}$.

نقبل أن حل المعادلة التفاضلية: $\dfrac{dU_c}{dt}+\dfrac{U_c}{RC}=\dfrac{E}{RC}$ هو من الشكل: $U_C(t) = Ae^{\alpha t} + B$.

ومن أجل تعيين قيم الثوابت α ، B ، A يلزمنا إيجاد معادلتين.

◄ نحصل على المعادلة الأولى بتعويض U_c بـ $Ae^{\alpha t}+B$ في المعادلة التفاضلية : $\dfrac{dU_c}{dt}+\dfrac{U_c}{RC}=\dfrac{E}{RC}$

إذن:

$$\alpha\, Ae^{\alpha t}+\frac{Ae^{\alpha t}+B}{RC}=\frac{E}{RC}$$

$$\Rightarrow A.e^{\alpha t}\left(\alpha+\frac{1}{RC}\right)+\frac{B}{RC}=\frac{E}{RC} \quad \dots (4)$$

الحد $\dfrac{E}{RC}$ هو مقدار ثابت. فحتى تتحقق المعادلة (4) من أجل كل لحظة t ، يجب أن يكون الحد: $Ae^{\alpha t}\left(\alpha+\dfrac{1}{RC}\right)+\dfrac{B}{RC}$ هو أيضا ثابت لا يتعلق بالزمن t. إن ذلك لا يكون ممكنا إلا إذا كان: $\alpha+\dfrac{1}{RC}=0 \Rightarrow \alpha=-\dfrac{1}{RC}$

فتصبح بذلك المعادلة (4) إذن: $\dfrac{B}{RC}=\dfrac{E}{RC}$ أي : $B=E$

◄ ونحصل على المعادلة الثانية إنطلاقا من الشروط الإبتدائية:

$$U(0) = Ae^{\alpha.0} + B = A+B$$

في اللحظة $t = 0$، تكون المكثفة فارغة أي $q = 0$، وبالتالي فإن التوتر بين طرفيها معدوم، لأن : $U_c=\dfrac{q}{C}$

ومنه: $U(0) = 0$

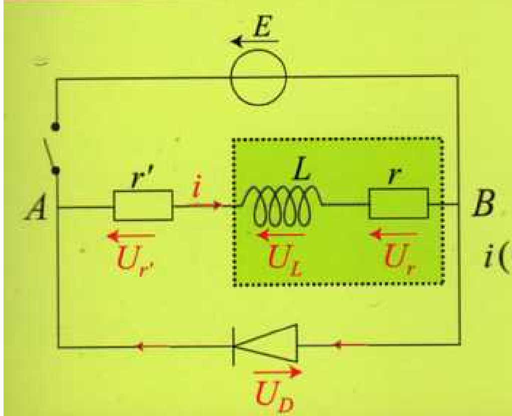
$$U(t) = e^{-(\frac{r+r'}{L})t}\left(\frac{E(r+r') - rE}{r+r'}\right) + r\frac{E}{r+r'} = \frac{r'}{r+r'}Ee^{-(\frac{r+r'}{L})t} + r\frac{E}{r+r'}$$

ومنه: $U(t) = \frac{E}{r+r'}\left(r'e^{-(\frac{r+r'}{L})t} + r\right)$ أو : $U(t) = \frac{E}{r+r'}\left(r'e^{-\frac{t}{\tau}} + r\right)$ ، حيث: $\tau = \frac{L}{r+r'}$

انقطاع التيار الكهربائي في الوشيعة

- شدة التيار الكهربائي في الوشيعة : نغلق القاطعة في الدارة المقابلة لمدة زمنية أكبر من 5τ حتى يستقر النظام الدائم. تبلغ الشدة i قيمتها العظمى: $\frac{E}{r+r'}$

نفتح بعد ذلك القاطعة، في اللحظة $t = 0$، ينتقل التوتر بين الطرفين A و B لثنائي القطب RL لحظيا من القيمة E إلى $0V$، في حين تبقى الشدة: $i(0) = \frac{E}{r+r'}$



يسمح تطبيق قانون جمع التوترات في الدارة بكتابة العلاقة التالية:

$$U_{r'} + U_L + U_r + U_D = 0$$

أي أن : $r'i + L\frac{di}{dt} + r.i + U_D = 0$

وللتبسيط نأخذ : $U_D = 0$ إذن : $\frac{di}{dt} + \frac{r+r'}{L}.i = 0$

إن حل هذه المعادلة التفاضلية هو من الشكل:

$$i(t) = Ae^{\alpha t} + B$$

وبعد المعالجة الحسابية، نجد : $\alpha = -\frac{r+r'}{L}$ و $B = 0$

وحيث أن : $i(0) = A$ ، وأيضا: $i(0) = \frac{E}{r+r'}$

إذن: $A = \frac{E}{r+r'}$

وبذلك تكون عبارة الشدة للتيار الكهربائي الذي يجتاز الدارة هي: $i(t) = \frac{E}{r+r'}.e^{-(\frac{r+r'}{L})t}$

أو: $i(t) = \frac{E}{r+r'}.e^{-\frac{t}{\tau}}$ ، حيث: $\tau = \frac{L}{r+r'}$

التوتر بين طرفي الوشيعة

لدينا: $U = L.\frac{di}{dt} + ri$ و $i(t) = \frac{E}{r+r'}e^{-(\frac{r+r'}{L})t}$

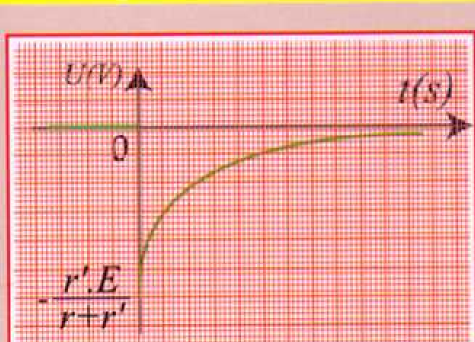
بعد الإشتقاق، نجد:

$$U(t) = L.\frac{E}{r+r'}e^{-\frac{r+r'}{L}\cdot t}\times\left(-\frac{r+r'}{L}\right) + r.\frac{E}{r+r'}e^{-\frac{r+r'}{L}\cdot t}$$

$$U(t) = -E.e^{-(\frac{r+r'}{L})t} + r.\frac{E}{r+r'}e^{-(\frac{r+r'}{L})t}$$

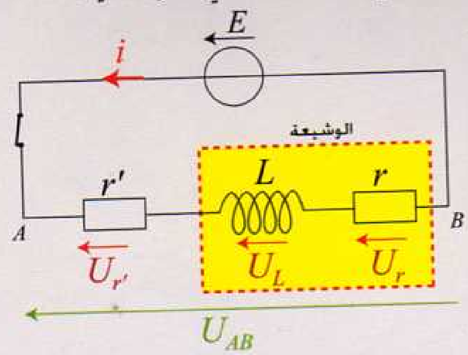
ومنه : $U(t) = E.e^{-(\frac{r+r'}{L})t}\left(-1 + \frac{r}{r+r'}\right)$

$U(t) = -\frac{r'}{r+r'}Ee^{-(\frac{r+r'}{L})t}$ أو $U(t) = -\frac{r'}{r+r'}E e^{-\frac{t}{\tau}}$



نشأة التيار الكهربائي وحل المعادلة التفاضلية :

نغلق القاطعة في اللحظة $t = 0$ في الدارة التالية :



ينتقل التوتر بين الطرفين A و B لثنائي القطب RL فجأة ولحظيا من القيمة $0V$ إلى القيمة E، لكن الشدة تبقى معدومة : $i(0)=0$.

بتطبيق قانون جمع التوترات نكتب : $U_{AB} = U_r+U_L+U_{r'}$.

وحيث أن: $U_{AB} = E$ إذن: $E = r'.\, i+L.\frac{di}{dt}+r.i$

أي أن: $\frac{di}{dt}+\frac{r+r'}{L}.i=\frac{E}{L}$

يعطى حل المعادلة التفاضلية السابقة بالشكل التالي:

$$i(t) = A.e^{\alpha t} +B$$

ولتعيين قيم الثوابت A ، B و α، نبحث عن كتابة معادلتين.

◄ نحصل على المعادلة الأولى بتعويض i بـ $A.e^{\alpha t} + B$

في المعادلة التفاضلية : $\frac{di}{dt}+\frac{r+r'}{L}.i=\frac{E}{L}$

بالاشتقاق: $\frac{di}{dt}=\frac{d}{dt}(Ae^{\alpha t}+B)=\alpha.Ae^{\alpha t}$

ومنه : $\alpha\, Ae^{\alpha t}+\frac{r+r'}{L}(Ae^{\alpha t}+B)=\frac{E}{L}$

إذن: $Ae^{\alpha t}(\alpha+\frac{r+r'}{L})+\frac{r+r'}{L}B=\frac{E}{L} \ ... \ (1)$

فحتى تتحقق المعادلة (1) مهما كانت قيمة t،

يجب أن يكون: $\alpha+\frac{r+r'}{L}=0 \Rightarrow \alpha = -\frac{r+r'}{L}$

فتصبح بذلك المعادلة (1) على النحو التالي:

$$\frac{r+r'}{L}B = \frac{E}{L} \Rightarrow B = \frac{E}{r+r'}$$

◄ ويمكن الحصول على المعادلة الثانية إنطلاقا من الشروط الابتدائية: $i(0) = A.e^{\alpha.0} +B = A+B$ و $i(0) = 0$

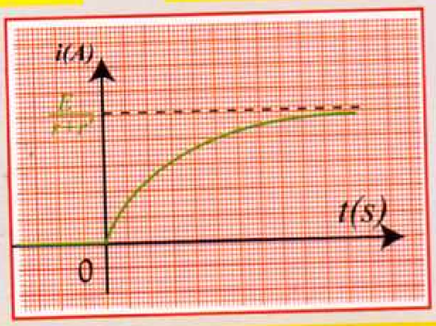
ومنه: $A + B = 0 \Rightarrow A = -B = -\frac{E}{r+r'}$

وبذلك تكون عبارة الشدة $i(t)$ للتيار الذي يجتاز الدارة هي:

$$i(t) = -\frac{E}{r+r'}e^{-(\frac{r+r'}{L})t} + \frac{E}{r+r'}$$

$$\Rightarrow i(t)=\frac{E}{r+r'}\cdot(1- e^{-(\frac{r+r'}{L})t})$$

أو: $i(t) =\frac{E}{r+r'}.(1- e^{-\frac{t}{\tau}})$ ، حيث: $\tau =\frac{L}{r+r'}$



ملاحظة هامة:

إذا كان $t = 5\tau$ ، فإن : $e^{-(\frac{r+r'}{L})t} = e^{-5}= 0,007$

وعليه $i(t) = \frac{E}{r+r'}\left(1- e^{-5}\right) = 0.993\frac{E}{r+r'}\approx\frac{E}{r+r'}$

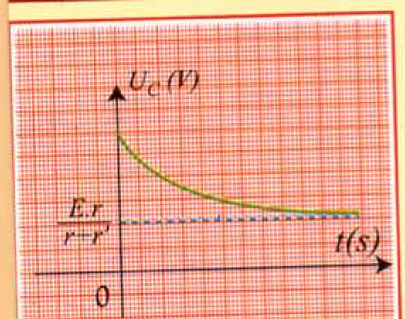
إذن يمكننا اعتبار أن النظام الدائم يتم بلوغه إذا كان $t \geq 5\tau$. الشدة i هي إذن ثابتة لا تتعلق سوى بـ E ، r و r' وعليه فإن الذاتية L للوشيعة لا يكون لها أي تأثير.

التوتر بين طرفي الوشيعة

لدينا : $U = L.\frac{di}{dt} + r.i$ و $i(t) =\frac{E}{r+r'}(1- e^{-(\frac{r+r'}{L})t})$ وبعد الاشتقاق ،

نجد: $U(t) = L\frac{E}{r+r'}(-e^{-(\frac{r+r'}{L})t} \times -\frac{r+r'}{L})+ r\frac{E}{r+r'}(1- e^{-(\frac{r+r'}{L})t})$

$$U(t) = E\, e^{-(\frac{r+r'}{L})t}+ r\frac{E}{r+r'}(1- e^{-(\frac{r+r'}{L})t}) = e^{-(\frac{r+r'}{L})t}(E- r\frac{E}{r+r'}) + r\frac{E}{r+r'}$$

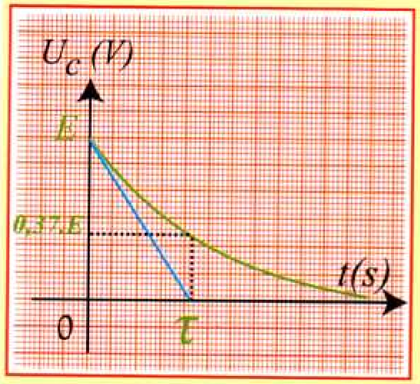


• **باستعمال التمثيل البياني $U_C(t)$ أثناء تفريغ المكثفة:**

التوتر بين طرفي المكثفة أثناء تفريغها هو: $U_c(t) = E.e^{-\frac{t}{\tau}}$

إذا كان : $t = \tau$، إذن: $U_C = E.e^{-1} = 0,37.E$

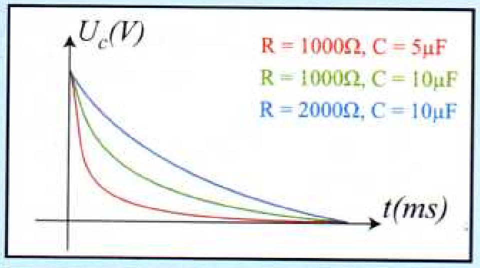
إذن لتعيين قيمة τ يكفي تعيين بيانيا فاصلة النقطة من المنحنى البياني $U_C(t)$ ذات الترتيبة $0,37.E$.

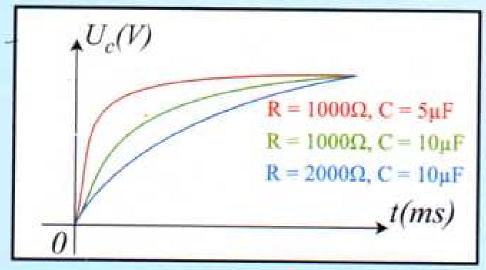


- عند رسم المماس للمنحنى البياني $U_C(t)$ عند النقطة $(0;E)$، فإنه يقطع الخط المقارب $U_C = 0$ في النقطة ذات الفاصلة τ.

تأثير مميزات ثنائي القطب RC على شحن وتفريغ المكثفة :

يمكن التأكد عن طريق الدراسة التجريبية أن ازدياد المقاومة R و/ أو سعة المكثفة له تأثير يتمثل مفعوله في تبطئة شحن وتفريغ المكثفة.





الوشيعة و ثنائي القطب RL

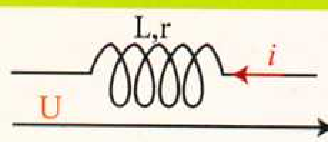
تعريف الوشيعة و رمزها : الوشيعة هي ثنائي قطب يتشكل من سلك كهربائي ملفوف أسطوانيا.

الرمز النظامي لوشيعة ذاتيتها L ومقاومتها r هو:

العلاقة بين توتر الوشيعة وشدة التيار الكهربائي الذي يجتازها :

تعطى العلاقة بالعبارة التالية: $U = L.\dfrac{di}{dt}$

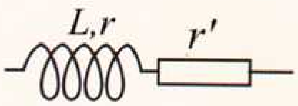
ملاحظة: تكون هذه العلاقة صالحة فقط إذا اعتمدنا مصطلح الآخذة حيث يكون السهمان الممثلان للتوتر والشدة متعاكسين.



دراسة الاستجابة بالتيار لثنائي قطب RL خاضع لدرجة توتر :

تعاريف :

يوافق ثنائي القطب RL الى وشيعة ذاتيتها L ومقاومتها الداخلية r موصولة على التسلسل مع مقاومة r'.

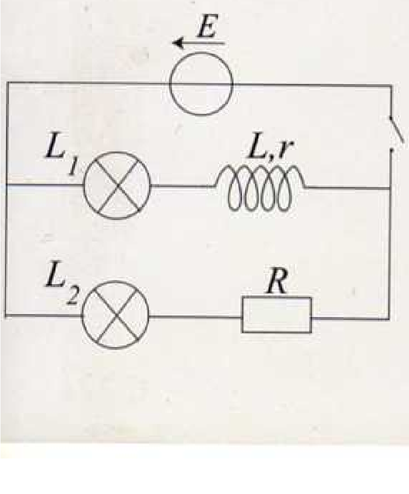


- الإستجابة بالشدة لثنائي القطب RL توافق إلى الشدة $i(t)$ للتيار الكهربائي الذي يجتازه.
- الإستجابة بالتوتر لثنائي القطب RL هو التوتر $U(t)$ للوشيعة.

الدراسة التجريبية لسلوك وشيعة عند نشأة وانقطاع التيار الكهربائي :

نحقق التركيب التجريبي المبين في الشكل، حيث المصباحان L_1 و L_2 متماثلان و $R = r$

* ماذا يحدث عندما تغلق القاطعة ؟ يتوهج المصباح L_2 لحظيا في حين أن المصباح L_1 المربوط على التسلسل مع الوشيعة يتأخر في التوهج.
* مذا يحدث عندما نفتح القاطعة ؟ يستمر المصباحان L_1 و L_2 في التوهج لمدة قصيرة من الزمن.



ملاحظة: يجتاز الوشيعة نفس التيار الكهربائي الذي يجتاز كل من المصباحين.
يظهر أن الوشيعة تؤخر نشأة وانقطاع التيار الكهربائي أثناء غلق وفتح القاطعة.

وحتى تتحقق المعادلة السابقة مهما كانت قيمة t يجب أن يكون:

$$\alpha + \frac{1}{RC} = 0 \Rightarrow \alpha = - \frac{1}{RC}$$

وبذلك تصبح المعادلة (3) على النحو التالي:

$$\frac{B}{RC} = 0 \Rightarrow B = 0$$

◄ نحصل على المعادلة الثانية إنطلاقا من الشروط الإبتدائية:

مباشرة قبل اللحظة $t = 0$ ، لدينا : $U_C = E$

بما أن التوتر بين طرفي المكثفة لا يمكن أن يكون متقطعًا، يكون لدينا في اللحظة $t = 0$: $U_C = E$

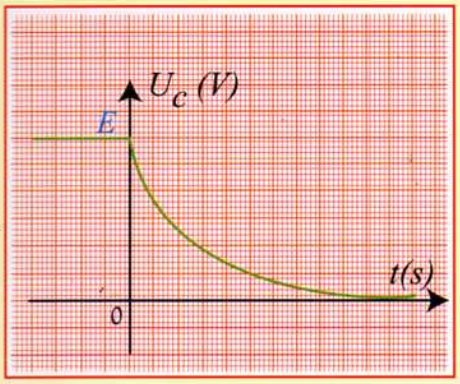
إذن : $U_C(0) = A.e^0 = A$ و $U_C(0) = E$

وعليه : $A = E$

ويكون لدينا في النهاية : $U_C(t) = A.e^{\alpha t} + B$

حيث : $A = E$ ، $\alpha = -\frac{1}{RC}$ و $B = 0$

إذن : $U_c(t) = E.e^{-\frac{t}{RC}}$ أو : $U_c(t) = E.e^{-\frac{t}{\tau}}$ ، حيث : $= RC$

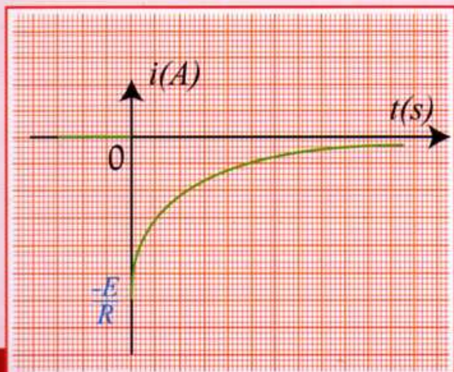


شدة التيار الكهربائي الذي يجتاز ثنائي القطب RC

لدينا: $i(t) = \frac{dq}{dt}$ و $q(t) = C.U_C(t) = CE.\, e^{-\frac{t}{RC}}$

$$i(t) = CE.e^{-\frac{t}{RC}} \times -\frac{1}{RC} = -\frac{E}{R}\, e^{-\frac{t}{RC}}$$

أو: $$i(t) = -\frac{E}{R} e^{-\frac{t}{\tau}}$$



ثابت الزمن لثنائي القطب RC

- **التحليل البعدي** : من أجل تعيين وحدة $\tau = RC$ نستعمل طريقة التحليل البعدي.

من العلاقتين: $R = \frac{U}{I}$ و $C = \frac{q}{U}$

نستنتج أن : $[RC] = \frac{[U]}{[I]} \cdot \frac{[q]}{[U]} = \frac{[q]}{[I]}$

وحيث أن : $i = \frac{dq}{dt}$ ، إذن : $[I] = \frac{[q]}{[t]}$

ومنه : $\frac{[q]}{[I]} = [t]$

وبذلك نحصل على : $[RC] = [t]$

وبالتالي فإن الجداء RC متجانس مع الزمن، فيقدر إذن بالثانية (s). يسمى τ ثابت الزمن لثنائي القطب RC.

طرق تعيين ثابت الزمنτ

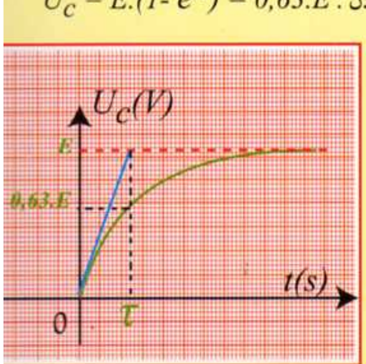
• **الحساب المباشر** : بمعرفة قيمة المقاومة $R(\Omega)$ وسعة المكثفة $C(F)$ يمك حساب الجداء RC الذي يمثل قيمة ثابت الزمن $\tau(s)$.

• **بإستعمال التمثيل البياني $U_C(t)$ لإستجابة ثنائي القطب RC إلى درجة تو**

ليكن $U_C(t)$ هو التوتر بين طرفي المكثفة أثناء شحنها:

$$U_c(t) = E.(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

إذا كان : $t = \tau = RC$ ، إذن : $U_C = E.(1 - e^{-1}) = 0,63.E$



إذن لتعيين قيمة τ يكفي تعيين بيانيا فاصلة النقطة من المنحنى البياني $U_C(t)$ ذات الترتيبة $0,63.E$.

عند رسم المماس للمنحنى البياني عند المبدأ، فإنه يقطع الخط المقارب $U_C = E$ عند النقطة ذات الفاصلة τ .

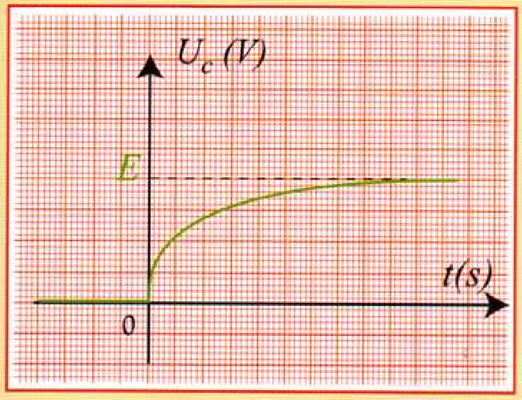
إذن: $A + B = 0 \Rightarrow A = -B = -E$ ويكون لدينا في النهاية:

$U_C(t) = A.e^{\alpha.t} + B$ حيث: $A = -E$، $\alpha = -\frac{1}{RC}$ و $B = E$.

وبذلك تكون عبارة التوتر $U_C(t)$ بين طرفي المكثفة على النحو التالي:

$$U_c(t) = -E.e^{-\frac{t}{RC}} + E \Rightarrow U_c(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{RC}})$$

$$U_c(t) = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$ ، حيث: $\tau = RC$

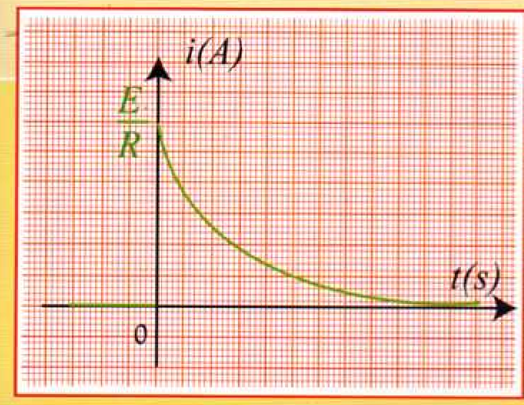


دراسة تطور شدة التيار i الذي يجتاز ثنائي القطب RC:

لدينا: $i(t) = \frac{dq}{dt}$ و $q(t) = C.U_c(t) = CE(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$

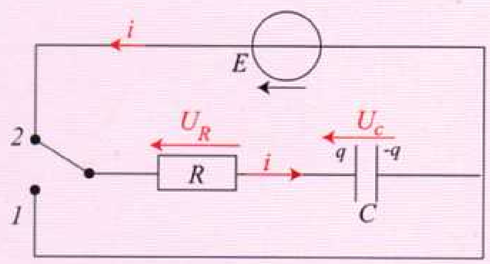
بالإشتقاق نجد: $i(t) = CE.(-e^{-\frac{t}{RC}} \times -\frac{1}{RC})$

$i(t) = \frac{E}{R}.e^{-\frac{t}{RC}}$ أو: $i(t) = \frac{E}{R}.e^{-\frac{t}{\tau}}$ ، حيث: $\tau = RC$

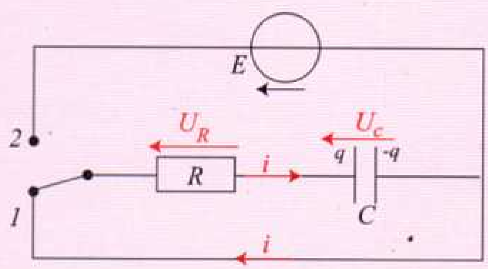


تفريغ مكثفة سعتها C في مقاومة R

- **التوتر بين طرفي المكثفة:** نشحن مكثفة حتى يبلغ التوتر بين طرفيها U_C القيمة التي ينتجها المولد E. وفي اللحظة $t = 0$ ننقل القاطعة من الوضع (2) إلى الوضع (1) حتى يتم تفريغ المكثفة.



الشكل (1)



الشكل (2)

ملاحظة: عندما $U_C = E$، لدينا أيضا: $U_R = 0$ إذن: $i = 0$
لا يجتاز المكثفة أي تيار وبالتالي فإن عملية شحنها تكون قد انتهت.

من أجل تعيين عبارة توتر المكثفة $U_C(t)$ أثناء التفريغ، نطبق قانون جمع التوترات على الدارة الموافقة للشكل(2) والذي يسمح بالحصول على العلاقة: $U_R + U_c = 0$

لكن: $U_R = Ri = R\cdot\frac{dq}{dt} = RC\cdot\frac{dU_C}{dt}$

وبذلك نحصل على المعادلة: $RC\cdot\frac{dU_C}{dt} + U_C = 0 \ldots (1)$

أو: $\frac{dU_C}{dt} + \frac{U_C}{RC} = 0 \ldots (2)$

تقبل المعادلتان التفاضليتان (1) أو (2) حلا من الشكل:

$$U_C(t) = Ae^{\alpha t} + B$$

ومن أجل تعيين قيم الثوابت A، B و α، فإن ذلك يستوجب إيجاد معادلتين.

◄ نحصل على المعادلة الأولى بتعويض $U_C(t)$ بـ $Ae^{\alpha t} + B$ في المعادلة التفاضلية (1) أو (2): $\frac{dU_C}{dt} + \frac{U_C}{RC} = 0$

$$\frac{dU_C}{dt} = Ae^{\alpha t} \times \alpha \Rightarrow \alpha Ae^{\alpha t} + \frac{Ae^{\alpha t} + B}{RC} = 0$$

أي أن: $Ae^{\alpha t}(\alpha + \frac{1}{RC}) + \frac{B}{RC} = 0 \ldots (3)$

فايق مشري

العلوم الفيزيائية 4

تطور جملة ميكانيكية

ويشمل هذا المحور توحيد الميكانيك الفلكية والأرضية وتوظيف القوانين الثلاثة لنيوتن ومفهوم التسارع والطاقة وحركة القذائف والكواكب والأقمار الصناعية. وحدود ميكانيك نيوتن.

شكلت الأقمار والكواكب موضوع اهتمام الكثير من العلماء منذ القدم وإلى يومنا هذا، فكيف تطور تفسير هذه الحركات من أرسطو، بطليموس، كوبرنيك وكبلر غاليلي إلى نيوتن.

لمحة تاريخية

منذ الفيزياء الأكثر حسية لأرسطو إلى غاية الفيزياء النسبية وتنبؤات انشتاين، كان لفهم حركات الأجسام والفعل الجاذبي أثر كبير على الفكر، وأبرز التحولات فيها كانت الإنتقال من النظام المركزي لأرسطو إلى النظام الشمسي لكوبرنيك وتفسير غاليلي ونيوتن للحركات.

نظام أرسطو - Aristot *(384-322)*

ينقسم إلى عالم تحت قمري وعالم فلكي مثالي، يعتمد في تفسيره للحركات على النظام الجيومركزي *(géocentrique)*

نموذج بطليموس Ptolémée *(140م)*

الوصف الدقيق والكمي لحركة الأجرام الذي قام به العالم بطليموس المدون في كتابه المجستي *Almagiste* المشهور أعطى دعما لنظام أرسطو اقترح نظاما لحركة الأجرام مبينا على فلك التدوير. *(epicycle)*.

كوبرنيك Copernic *(1473 1543م)*

أثار نظام بطليموس عدة اشكاليات وبقيت تساؤلات كثيرة مطروحة حول حركة بعض الكواكب كل هذا دفع بكوبرنيك إلى البحث على نظام أخر يسمح بشرح حركة الكواكب ووضع فرضية النظام الهيلومركزي *(héliocentrique)*.

كبلر kepler *(1630-1571)*

حدّد كبلر مسارات الكواكب بدقة
- ترسم الكواكب مدارات اهليجية.
- سرعتها غير ثابتة.
- اعطى عبارة الدور للكوكب بدلالة المسافة بينه وبين الشمس.

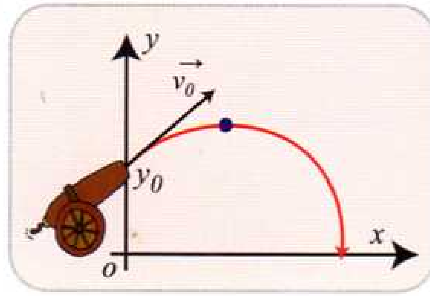
غاليلي gallilée *(1564-1642)*م

وضع منظار بعدستين وتمكن من اكتشاف أقمار المشتري ومراقبة كوكب الزهرة.
درس القذائف والسقوط الحر وبيّن أن التسارع ثابت في حقل الجاذبية و فتح النقاش حول مسألة الحسّية في الحركة.

إسحاق نيوتن Newton *(1642-1727)*

ربط نيوتن القوى المطبقة على جسم بتسارعه. وكان لنيوتن السّبق في فهم أن التفاحة التي تسقط على الأرض من الشجرة والقمر الذي يدور حول الأرض يخضعان لنفس القانون (قوة التجاذب الكوني).
فاستطاع بذلك توحيد الميكانيك الفلكية والأرضية.

■ **النوع الثالث** القذف بزاوية وبارتفاع ابتدائي ومثاله مدفع يرمي بقذيفة.



نفس الدراسة كما في النوع الثاني فقط في المعادلة الزمنية ومعادلة المسار نضيف y_0 .

$$y(t)=\frac{1}{2}\,g\,t^2+v_0\sin\alpha t+y_0$$

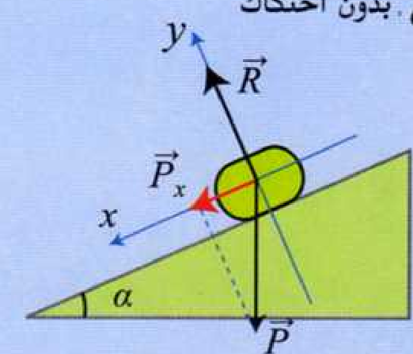
$$y=\frac{1}{2\,v_0^2\cos^2\alpha}x^2+\tan\alpha\,x+y_0$$

وعند المدى $y(x)=0$ وارتفاع الذروة هو

$$y=y_0+\frac{v_0^2\sin^2\alpha}{2g}$$

تطبيقات القانون الثاني لنيوتن (المستوي المائل)

الحالة الأولى . بدون احتكاك



$$\sum\vec{F}_{ext}=m\vec{a}_G\Rightarrow\vec{P}+\vec{R}=m\vec{a}_G$$

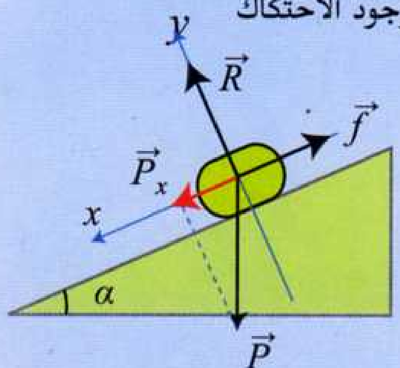
بالاسقاط على المحور الموجب نجد :

$$P_x=ma_G\Rightarrow mg\sin\alpha=ma_G$$

$a_G=g\sin\alpha=$ ثابت موجب

ح م متسارعة بانتظام

الحالة الثانية . بوجود الاحتكاك



$$\sum\vec{F}_{ext}=m\vec{a}_G\Rightarrow\vec{P}+\vec{R}+\vec{f}=m\vec{a}_G$$

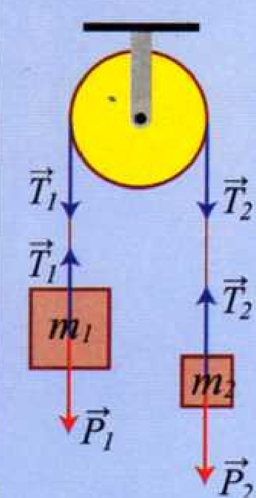
بالاسقاط على المحور الموجب نجد :

$$mg\sin\alpha-f=m\,a_2$$

$$a_2=g\sin\alpha-\frac{f}{m}$$

ح م متغيرة بانتظام

تطبيقات القانون الثاني لنيوتن (ماكنة أتود)



بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجملة الميكانيكية

$$\begin{cases}\sum\vec{F}_{ext}=m_1\vec{a} & \text{على الجملة } m_1\\ \sum\vec{F}_{ext}=m_2\vec{a} & \text{على الجملة } m_2\\ T_1=T_2 & \text{على البكرة}\end{cases}$$

بجمع المعادلات الثلاث والإسقاط نجد :

$$a_G=\frac{(m_1-m_2)\,g}{m_1+m_2}$$

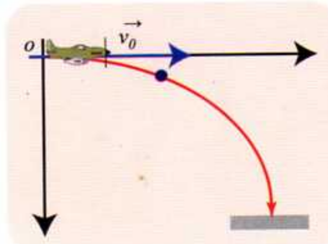
تسارع ثابت موجب ومنه فإن الحركة مستقيمة متسارعة بانتظام:

كليك للنشر ClicEdition
حي الكثبان، عمارة أ، مدخل 10 محل 23، المحمدية، الجزائر.
الهاتف: 021 82 00 15 / 021 82 96 37 الفاكس: 021 82 96 37.
البريد الإلكتروني: clicedition@gmail.com
2009-062

■ **النوع الأول : ومثاله طائرة تقذف قنبلة على سطح الأرض**

ملخص الدراسة في جدول

المحاور	$\vec{a}$	$\vec{v}$	طبيعة الحركة	$v(t)$	$x(t)\ .\ y(t)$
Ox	0	v_0	حركة م منتظمة	$vx = v_0$	$x(t) = v_0\, t$
Oy	$+g$	0	حركة م م بانتظام	$vy = g\, t$	$y(t) = \frac{1}{2} g\, t^2$



$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} = m\vec{a}$$

● وبالاسقاط على ox $\quad \vec{a} = \vec{g} = a_x = 0$

● وبالاسقاط على oy $\quad \vec{a} = \vec{g} \Rightarrow a_y = g > 0$

معادلة المسار.

$$\begin{cases} x = v_0\, t \Rightarrow t = \dfrac{x}{v_0} & ...(1) \\ y = \dfrac{1}{2} g\, t^2 & ...(2) \end{cases}$$

من (1) و (2) نستنتج

$$y = \frac{g}{2\, v_0^2} x^2$$

مدى القذيفة **هي البعد الأفقي بين نقطة القذف ونقطة سقوط القذيفة.**

من معادلة المسار :

$$x^2 = \frac{2\, y v_0^2}{g} \Rightarrow \quad x = v_0 \sqrt{\frac{2\, y}{g}}$$

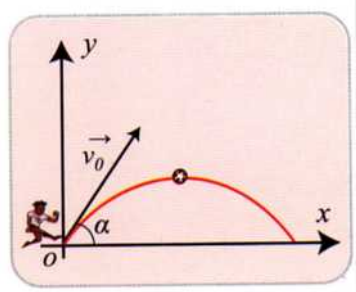
إرتفاع الذروة هي ارتفاع الطائرة الابتدائي $y_M = y_0$ حسب المحور المختار

سرعة اصطدام القذيفة بالأرض

$$v^2 - v_0^2 = 2g y_0 \Rightarrow \quad v = \sqrt{v_0^2 + 2g y_0}$$

■ **النوع الثاني ومثاله لاعب كرة قدم يقذف كرة.**

المحاور	$\vec{a}$	$\vec{v}$	طبيعة الحركة	$v(t)$	$x(t)\ /\ y(t)$
O_x	0	$v_0 \cos\alpha$	حركة م منتظمة	$v_x(t) = v_0 \cos\alpha$	$x(t) = v_0 \cos\alpha\, t$
O_y	$-g$	$v_0 \sin\alpha$	حركة م م بانتظام	$v_y(t) = - g\, t + v_0 \sin\alpha$	$y(t) = - \frac{1}{2} g\, t^2 + v_0 \sin\alpha t$



معادلة المسار.

$$y = \frac{1}{2\, v_0^2 \cos^2\alpha} x^2 + \tan\alpha\, x$$

إرتفاع الذروة

$$y = \frac{v_0^2 \sin^2\alpha}{2g}$$

مدى القذيفة

$$x = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

سرعة اصطدام القذيفة بالأرض

$$\Delta E_c = \sum w(F) \quad v = \sqrt{v_0^2 + 2g y_0} = v_0$$

■ **المرجع والمعلم**

معلم فضائي $(o,\vec{i},\vec{j},\vec{k})$

معلم مستوي $(o,\vec{i},\vec{j})$

معلم خطي $(o,\vec{i})$

■ **معلم الزمن**

يتطابق مع لحظة بداية الحركة. $t = 0\ s$

النقطة المادية

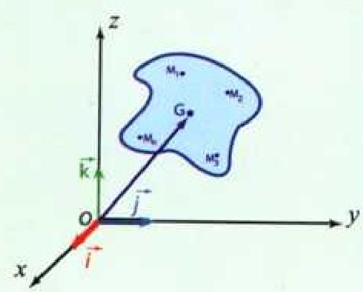
يمكن إعتبار جملة نقطة مادية إذا أهملت أبعادها أمام المرجع الذي ندرس فيه. (المعلم العطالي)

■ **جملة الميكانيكية**

هي كل جسم أو جزء منه أو مجموعة أجسام مرتبطة ببعضها داخل معلم عطالي.

■ **مفهوم مركز العطالة**

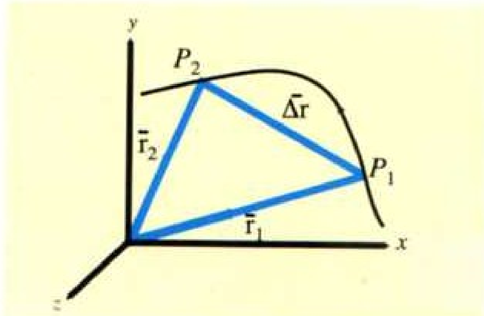
$$\overrightarrow{OG}\sum m_i = m_1\overrightarrow{OM_1} + \dots + m_n\overrightarrow{OM_n}$$



■ **شعاع الموضع** $\vec{r} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$

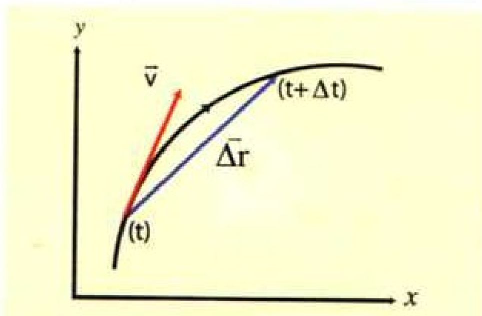
■ **شعاع الإنتقال** $\Delta\vec{r} = \vec{r_2} - \vec{r_1}$

$$= \Delta x\,\vec{i} + \Delta y\,\vec{j} + \Delta z\,\vec{k}$$



■ **شعاع السرعة المتوسطة بين اللحظتين** t_1, t_2

$$\overrightarrow{V_m} = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$



■ **السرعة اللحظية في لحظة** t

$$\overrightarrow{V_{inst}} = \lim_{\Delta t \to 0} \overrightarrow{V_m} = v_x\vec{i} + v_y\vec{j} + v_z\vec{k}$$

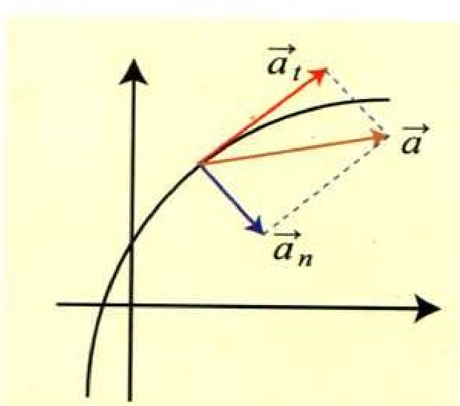
■ **التسارع الوسطي** $\vec{a}_m = \frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}$

■ **التسارع اللحظي** $\vec{a}_{inst} = \lim_{\Delta t \to 0} \vec{a}_m = a_x\vec{i} + a_y\vec{j} + a_z\vec{k}$

■ **التسارع الناظمي والمماسي والكلي**

التسارع المماسي $a_t = \frac{dv}{dt}$ $\quad$ $\vec{a} = \vec{a}_t + \vec{a}_n$

التسلرع الناظمي $a_n = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$ $\quad$ $|\vec{a}| = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$



القوانين الثلاثة لنيوتن

■ القانون الأول لنيوتن (مبدأ العطالة)

● في المعلم العطالي أو الغاليلي : يحافظ كل جسم على سكونه أو حركته المستقيمة المنتظمةإذا لم تتدخل أي قوة لتغيير حالته الحركية

● إذا كانت محصلة القوى معدومة فإن الجسم ساكن أو يتحرك بحركة منتظمة

$$\sum\vec{F}=\vec{0}\Rightarrow \Delta\vec{V}=\vec{0}\Rightarrow \vec{V}_2-\vec{V}_1=0$$

إذا كانت $\vec{V}_{inst}=\vec{0}$ فإن الجسم ساكن أو يتحرك بحركة منتظمة

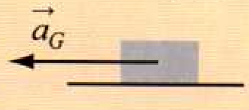
■ القانون الثاني لنيوتن (المبدأ الأساسي للتحريك)

$$\sum\vec{F}_{ext}=m\vec{a}_G\Rightarrow\frac{\Delta\vec{V}}{\Delta t}=Cst\Rightarrow a=Cst$$

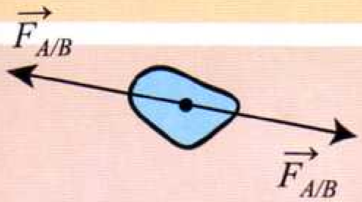
حركة جسم مستقيمة متغيرة بانتظام (متسارعة أو متباطئة) حسب الجداء السلمي $\vec{a}\cdot\vec{v}$

$\vec{a}\cdot\vec{v}>0$ حركة مستقيمة متسارعة بانتظام

$\vec{a}\cdot\vec{v}<0$ حركة مستقيمة متباطئة بانتظام



■ القانون الثالث لنيوتن (لكل فعل رد فعل)



إذا أثرت جملة ميكانيكية A على جملة B بقوة $\vec{F}_{A/B}$ فإن الجملة B تؤثر على الجملة A بقوة $\vec{F}_{B/A}$ تساويها في الشدة وتعاكسها في الاتجاه.

شروط الحصول على حركة دائرية منتظمة

تكون جملة في حركة دائرية منتظمة

■ إذا كانت سرعتها الابتدائية غير معدومة.

■ إذا كانت خاضعة لقوة جاذبة مركزية

عبارة التسارع الناظمي

الشعاع متجه دوما نحو مركز الدائرة أو نحو تقعر المسار في الحركة المنحنية.

$$\theta=\frac{\widehat{d}}{r}\Rightarrow\frac{d\theta}{dt}=\omega=\frac{v}{r}$$

$$\frac{d^2\theta}{dt^2}=\ddot{\theta}=\omega'=\frac{a_t}{r}$$

$$a_n=\frac{v^2}{r}$$

دور الحركة الدائرية المنتظمة

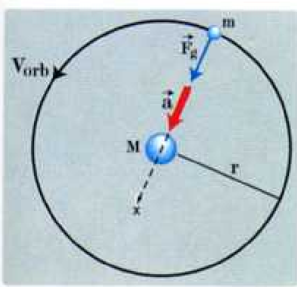
الدور هو المدة اللازمة لإنجاز دورة واحدة أي قطع مسافة قيمتها $2\pi r$

$$T=\frac{2\pi r}{v}\qquad T^2=\frac{4\pi^2 r}{a_n}$$

تطبيقات الحركة الدائرية

تفسير حركة الكواكب والأقمار الاصطناعية

باستعمال قانون الجذب العام لنيوتن (قوة التجاذب الكتلي بين الأرض والقمر)



$$F_{T/L}=F_{L/T}=G\,\frac{M_T\,.\,m_L}{r^2}=\frac{mv^2}{r}$$

حيث G ثابت التجاذب الكوني

$$\boxed{G=6{,}67\ 10^{-11}\ (Nm^2/Kg^2)}$$

$$G\,\frac{M.m}{r^2}=\frac{mv^2}{r}\Leftrightarrow V_{orb}=\sqrt{\frac{G.M}{r}}$$

سرعة المدار

ودور الحركة يعطى بالعلاقة

$$T=2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G\,M}}$$

حيث $r=R_T+z$

خواص الحركة الدائرية المنتظمة

في الحركة الدائرية المنتظمة تكون قيمة سرعة مركز العطالة V ثابتة والتسارع الناظمي مركزي ومحصلة القوى $\sum\vec{F}$ المطبقة على الجملة جاذبة مركزية وقيمتها تحقق العلاقة :

$$F = \frac{mv^2}{r} = m\,\omega^2 r$$

حيث

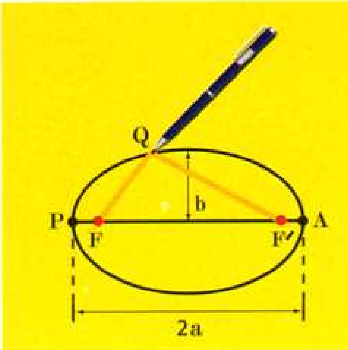
F: قوة جاذبة مركزية $[N]$

m : كتلة الجملة المتحركة $[Kg]$

v : السرعة الخطية $[m/s]$

ω : السرعة الزاوية $[rad/s]$

r : نصف قطر الانحناء $[m]$

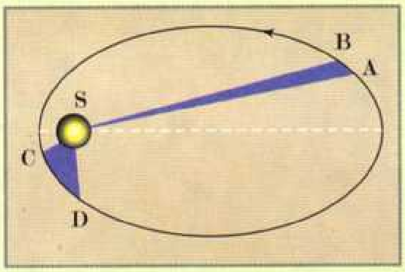


قوانين كبلر

القانون الأول لكبلر إن الكواكب تتحرك وفق مدارات إهليليجية تمثل الشمس إحدى محرقيها

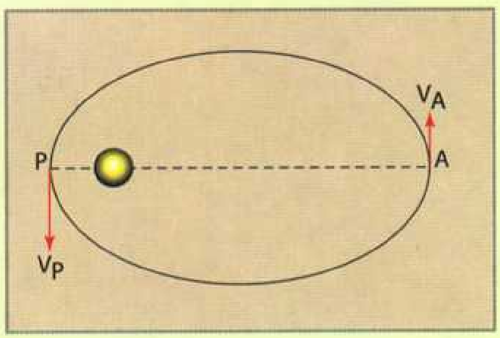
القانون الثاني لكبلر إن المستقيم الرابط بين الشمس وكوكب يمسح مساحات متساوية خلال مجالات زمنية متساوية.

المساحتان المسوحتان SAB و SCD متساويتان.



القانون الثالث لكبلر

ندرس حركة الكواكب حول الشمس في مرجع كوبرنيك (المرجع الشمسي) حيث يتناسب مربع الدور لكل كوكب مع مكعب البعد المتوسط للكوكب عن الشمس.

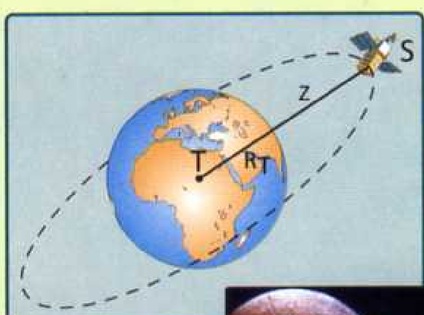


باعتبار المدار دائريا يكون لدينا

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_s} = Cst \qquad k = \frac{T^2}{a^3}$$

ويكون الدور حسب العلاقة :

$$\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{GM_s} \Rightarrow \frac{T^2}{(R_T+z)^3} = \frac{4\pi^2}{GM_s}$$



حيث $r = R_T + z$

دور الكوكب

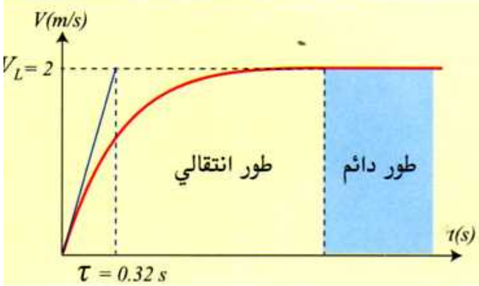
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM_s}} = 2\pi\sqrt{\frac{(r+z^3)}{GM_s}}$$

السرعة المدارية

$$v = \sqrt{\frac{GM_s}{r}}$$

تطبيقات في الميكانيك

دراسة حركة السقوط الحقيقي لجسم صلب في الهواء

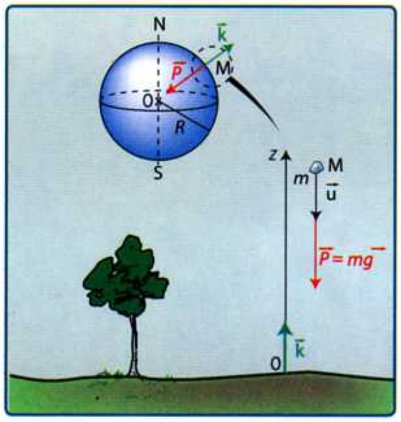


الوثيقة المقابلة تبين وجود نظامين :

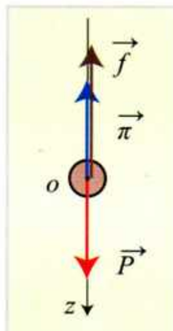
– **نظام انتقالي** : وتكون السرعة متزايدة بشكل سريع في البداية ثم تتناقص تدريجيا.

– **نظام دائم** : وتكون قيمة السرعة ثابتة وتبلغ القيمة الحدية V_L في هذه المرحلة،

الزمن المميز τ الزمن الموافق للمرور من طور لآخر



القوى المؤثرة في الجسم :



- ثقل الجسم : $\vec{P} = m\vec{g}$
- دافعة أرخميدس : $\vec{\Pi} = \rho v \vec{g}$

ρ : الكتلة الحجمية للمائع (kg/m^3)
v : حجم الجسم الصلب (m^3)
g : تسارع الجاذبية الأرضية (m/s^2)

- الاحتكاك : $f = kv$:قيمة السرعة صغيرة.

$f = kv^2$: قيمة السرعة كبيرة.

الحالة الأولى . $f = kv$

بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجسم الصلب.

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}$$

العلاقة الشعاعية : $\vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = m\vec{a}$

بالاسقاط على oz : $P - f - \pi = ma$

$$mg - \rho v g - k\,v = m\,\frac{dv_z}{dt}$$

$$\frac{dv_z}{dt} + \frac{k}{m} v = g\left(1 - \frac{\rho v}{m}\right)$$

المعادلة التفاضلية المميزة للحركة هي من الشكل :

$$y' + ay = b$$

يكون حل المعادلة هو : $V(t) = V_L\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$

حيث السرعة الحدّية هي : $V_L = \frac{g}{k}(\rho - \rho_{air})V$

الحالة الثانية . $f = kv^2$

العلاقة الشعاعية : $\vec{P} + \vec{\Pi} + \vec{f} = m\vec{a}$

بالاسقاط على oz : $P - f - \pi = ma$

$$mg - \rho v g - k\,v^2 = m\frac{dv_z}{dt}$$

$$\frac{dv_z}{dt} + \frac{k}{m} v^2 = g\left(1 - \frac{\rho v}{m}\right)$$

المعادلة التفاضلية المميزة للحركة هي من الشكل :

$$y' + ay^2 = b$$

يكون حل المعادلة هو : $V(t) = V_{L'}\left(1 - e^{-t/\tau}\right)$

حيث السرعة الحدّية هي :

$$V_{L'} = \sqrt{\frac{g}{k}(\rho - \rho_{air})V} = \sqrt{V_L}$$

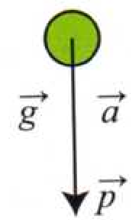
دراسة حركة السقوط الحر لجسم صلب (بإهمال قوى الاحتكاك)

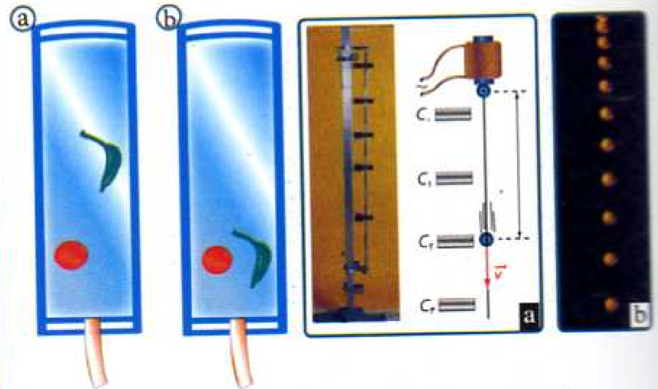
بتطبيق القانون الثاني لنيوتن على الجسم الصلب.

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{p} = m\vec{a}.$$

$$m\vec{g} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \vec{g} = Cst$$

طبيعة حركة السقوط هي حركة مستقيمة متغيرة بانتظام (متسارعة بانتظام) يخضع الجسم الصلب لتأثير ثقله فقط لأن التسارع ثابت وموجب.

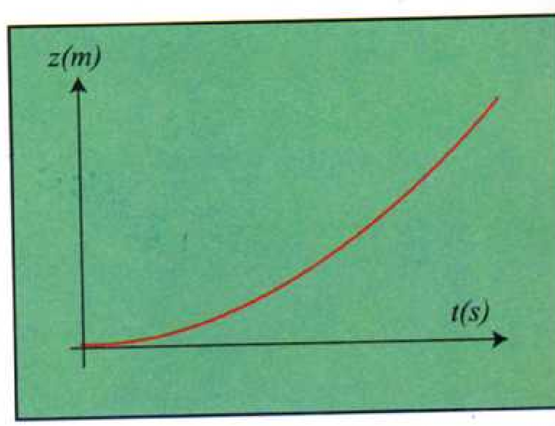




سقوط حقيقي — سقوط حر — تجربة السقوط الحر

معادلة السرعة : $v = g\,t$

المعادلة الزمنية للحركة : $z(t) = \frac{1}{2} g\,t^2$



القذف الشاقولي

معادلة السرعة : $v = -g\,t + v_0$

المعادلة الزمنية للحركة :

$$z(t) = -\frac{1}{2} g\,t^2 + v_0 t + z_0$$

في حالة القذف الشاقولي بسرعة ابتدائية

$$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{P} = m\vec{a}$$

وبالاسقاط نجد :

$$-mg = ma \Rightarrow a = -g = \text{ثابت سالب}$$

تكون حركة القذف الشاقولي مستقيمة متباطئة بانتظام ثم أثناء النزول تصير متسارعة بانتظام.

المعادلات الزمنية للحركة :

$$\begin{cases} a = -g \\ v(t) = -g\,t + v_0 \\ z(t) = -\frac{1}{2} g\,t^2 + v_0\,t + z_0 \end{cases}$$