

ملخص الدروس

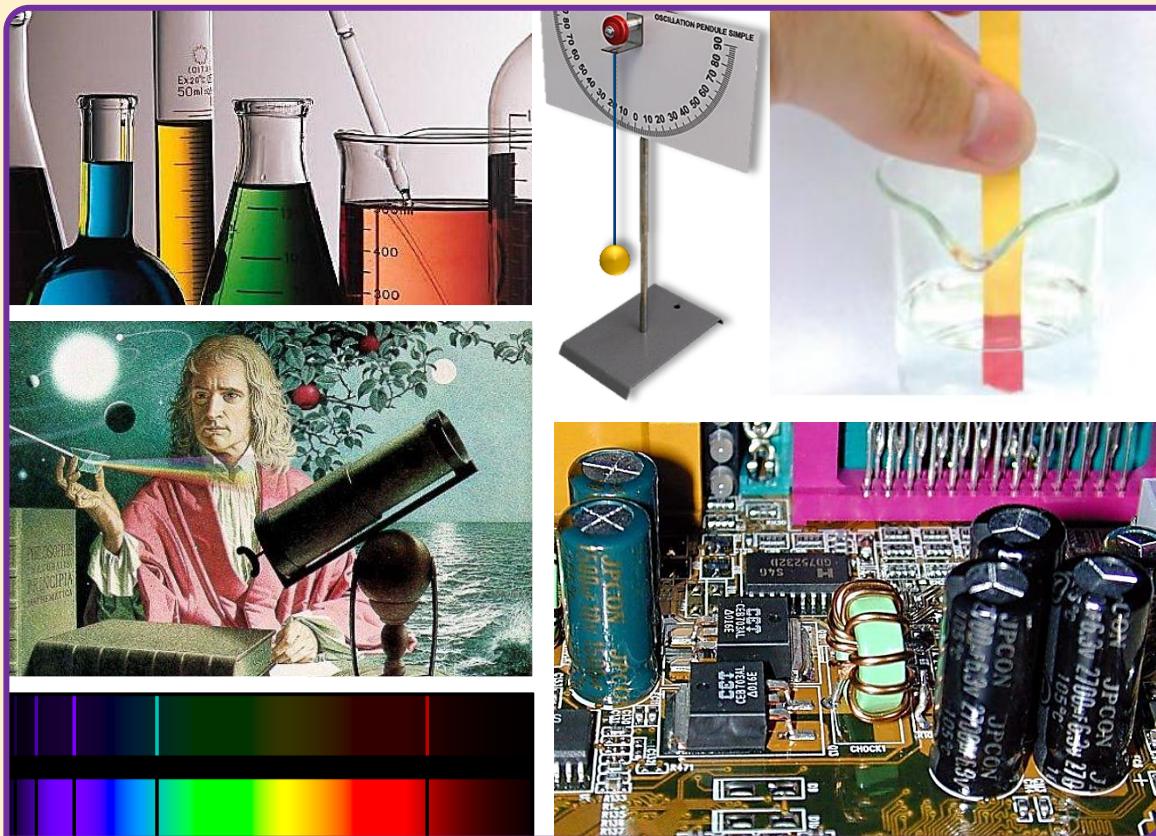
مملكتا العلوم الفيزيائية و العلوم الكيميائية

الفيزياء

2



الكيمياء



PHYSIQUE
CHIMIE

إعداد: د. ياسين الدراز

yassinderaz@gmail.com

yassin.derraz@taalim.ma

<https://web.facebook.com/yassinderraz>

ثانوية المرازي التأهيلية - ترجيست ص.ب. 200

المديرية الإقليمية بالحسيمة.

وفق الأطر المرجعية المicina
لوزارة التربية الوطنية - PC



الفيزياء و الكيمياء

2016
2017

معارف أساسية في مادة الفيزياء و الكيمياء للسنة الثانية من سلك البكالوريا

❖ **مسلك العلوم الفيزيائية - (SP).**

❖ **مسلك العلوم الرياضية (أ) و (ب) - (SM).**

أهم ما يجب تذكرة و معرفته من برنامج الفيزياء و الكيمياء بالسنة الثانية من سلك البكالوريا

الكيمياء - نسبة الأهمية: 33%

كل التحولات السريعة و التحولات
البطيئة لمجموعة كيميائية.

- التحولات السريعة و التحولات البطيئة.
- التتبع الزمني لتحول كيميائي، سرعة التفاعل.

الجزء 1

كل التحولات غير الكلية لمجموعة
كيميائية.

- التحولات الكيميائية التي تحدث في المنحنين.
- حالة توازن مجموعة كيميائية.
- التحولات المقرونة بالتفاعلات حمض - قاعدة في محلول مائي.

الجزء 2

كل منحى تطور مجموعة كيميائية.

- التطور التلقائي لمجموعة كيميائية.
- التحولات التلقائية في الأعمدة و تحصيل الطاقة.
- أمثلة لتحولات قسرية.

الجزء 3

كل كيفية التحكم في تطور المجموعة
الكيميائية.

- تفاعلات الأسترة و الحلامة.
- التحكم في تطور المجموعات الكيميائية بتغيير متفاعل.

الجزء 4

الفيزياء - نسبة الأهمية: 67%

اطواعات الميكانيكية المتوازية.
اطواعات الميكانيكية المتوازية الدورية.
انتشار موجة ضوئية

الموجات

التناقص الإشعاعي.
النوى - الكتلة و الطاقة.

**التحولات
النووية**

ثنائي القطب RC.
ثنائي القطب RL.
الذبذبات الحرة في دائرة RLC متوازية.
الذبذبات القسرية في دائرة RLC متوازية (خاص SM)
الموجات الكهرومغناطيسية و تضمين الوسع.

الكهرباء

قوانين نيوتن.
تطبيقات: السقوط الرأسى لجسم صلب.
تطبيقات: الحركات المستوى.
تطبيقات: الأقمار الاصطناعية و الكواكب.
حركة دوران جسم صلب حول محور ثابت.
المجموعات الميكانيكية المتذبذبة.
المظاهر الطلاقية.
الذررة و ميكانيك نيوتن.

الميكانيك

الموجات الميكانيكية المتوازية

الموجة الميكانيكية المتوازية: هي ظاهرة انتشار إشارة (تشوبيه) في وسط مادي من. ملاحظة: أثناء انتشار موجة، تنتقل الطاقة ولا تنتقل المادة.

- ◀ تكون الموجة مستعرضة إذا كان اتجاه انتشارها عموديا على اتجاه التشوبيه. كأمواج البحر.
- ◀ تكون الموجة طولية إذا كان اتجاه انتشارها موازيا مع اتجاه التشوبيه: كالموجة الصوتية.



- ◀ تكون الموجة أحادية البعد إذا انتشرت في اتجاه واحد: مثال: ← موجة طول حبل ونابض.
- ◀ تكون الموجة ثنائية البعد إذا انتشرت في مستوى واحد: مثال: ← موجة فوق سطح الماء.
- ◀ تكون الموجة ثلاثية البعد إذا انتشرت في جميع الاتجاهات: مثال: ← الموجة الصوتية.

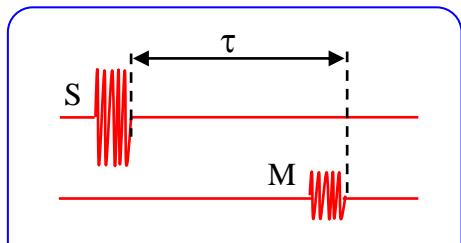
2 سرعة انتشار موجة:

$$\left. \begin{array}{l} d : \text{المسافة المقطوعة بالметр (m)} \\ \Delta t : \text{المدة الزمنية المستغرقة بالثانية (s)} \\ V : \text{سرعة الانتشار بـ } m.s^{-1} \end{array} \right\} V = \frac{d}{\Delta t}$$

3 التأخير الزمني τ : هو المدة الزمنية اللازمة لمرور الموجة من نقطة S إلى نقطة أخرى M.

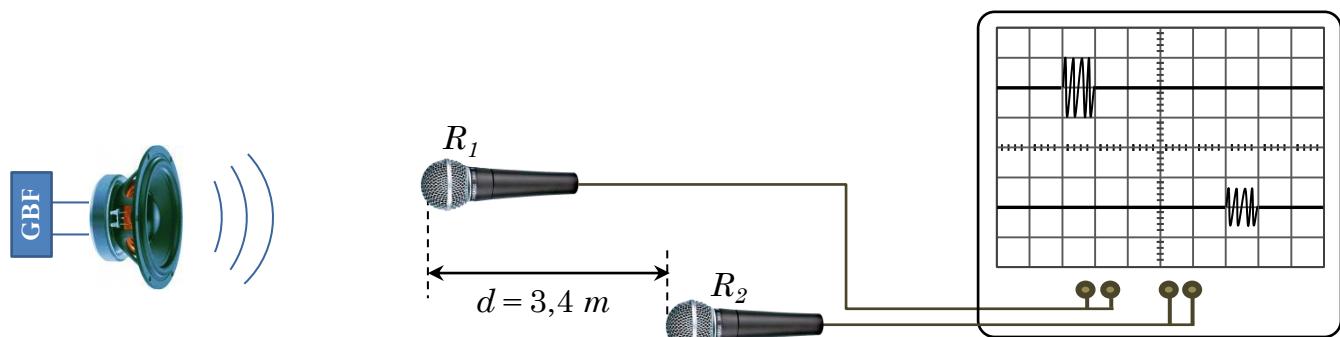
4 تعبر السرعة V بدلالة التأخير الزمني τ هو:

$$V = \frac{SM}{\tau}$$



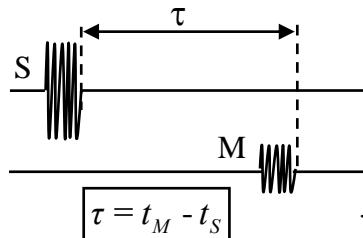
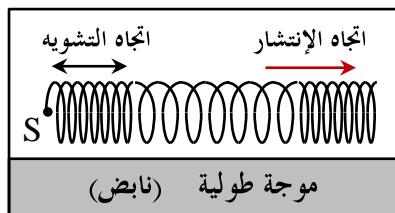
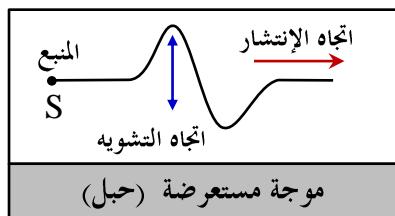
- ◀ تتعلق سرعة الانتشار V لموجة بطبيعة الوسط: (مرونته وصلابته وقصوره ودرجة حرارته).
- ◀ الموجات الميكانيكية لا تنتشر في الفراغ.
- ◀ العلاقة بين استطاله نقطة M من وسط الانتشار واستطاله المنبع S: $y_S(t) = y_M(t + \tau)$ أو $y_M(t) = y_S(t - \tau)$

5 مثال: قياس سرعة موجة صوتية: (احسب سرعة انتشار الموجات الصوتية في الهواء. الحساسية الأفقية: 2 ms/div)



$$\boxed{V = \frac{d}{\Delta t} = \frac{3,4}{5 \times 2 \cdot 10^{-3}} = 340 \text{ m.s}^{-1}}$$

الموجات الميكانيكية المتواجدة



❶ **الموجة الميكانيكية المتواجدة:** هي ظاهرة انتشار إشارة (تشوويه) في وسط مادي من.

☞ تكون الموجة مستعرضة إذا كان اتجاه انتشارها عمودي على اتجاه التشوويه. كأمواج البحر.

☞ تكون الموجة طولية إذا كان اتجاه انتشارها موازياً مع اتجاه التشوويه: كالموجة الصوتية.

☞ تكون الموجة أحادية البعد إذا انتشرت في اتجاه واحد: \leftarrow موجة طول حبل و نابض.

☞ تكون الموجة ثنائية البعد إذا انتشرت في مستوى واحد: \leftarrow موجة فوق سطح الماء.

☞ تكون الموجة ثنائية البعد إذا انتشرت في جميع الاتجاهات: \leftarrow الموجة الصوتية.

❷ سرعة انتشار موجة:

$$\left. \begin{array}{l} d : \text{المسافة المقطوعة بالметр (m)} \\ \Delta t : \text{المدة الزمنية المستغرقة بالثانية (s)} \end{array} \right\} V = \frac{d}{\Delta t}$$

V : سرعة الانتشار بـ m.s^{-1} .

❸ **التأخير الزمني τ :** هو المدة الزمنية اللازمة لمرور الموجة من نقطة S إلى نقطة أخرى M:

$$\text{تعبير السرعة } V \text{ بدلالة التأخير الزمني } \tau : V = \frac{SM}{\tau}$$

• تتعلق سرعة الانتشار V لموجة بطبيعة الوسط: (مرونته و صلابته و قصوره و درجة حرارته).

• أثناء انتشار موجة تنتقل الطاقة بينما المادة لا تتنقل.

• العلاقة بين استطاله نقطة M من وسط الانتشار و استطاله المنبع S: $y_M(t) = y_s(t - \tau)$

الموجات الميكانيكية المتواجدة الدورية

□ **الموجة الميكانيكية المتواجدة الدورية:** هي الظاهرة الناتجة عن انتشار تشوويه دوري في وسط الانتشار.

□ **الموجة الميكانيكية المتواجدة الجيبية:** هي الظاهرة الناتجة عن انتشار تشوويه جيبوي في وسط الانتشار.

☞ طول الموجة λ : هو أصغر مسافة بين نقطتين لهما نفس الحالة الاهتزازية. (الوحدة m).

☞ الدور T : هو المدة الزمنية التي تكرر فيها الظاهرة بكيفية مماثلة. (الوحدة s).

☞ التردد N : هو مقلوب الدور T : $N = \frac{1}{T}$ وحدته الهرتز (Hz).

▪ **سرعة انتشار موجة ميكانيكية دورية:** $V = \frac{\lambda}{T} = \lambda.N$

▪ **ظاهرة الحيود:** هي الظاهرة الناتجة عن تغيير اتجاه انتشار الموجة عند مصادفتها حاجز به فتحة عرضها a أصغر من طول الموجة λ : $a < \lambda$.

☞ للموجة الواردة و الموجة المحيدة نفس التردد N و نفس طول الموجة λ .

○ **الوسط المبدد:** هو كل وسط تتعلق فيه سرعة الانتشار V بتردد المنبع N.

○ **مقارنة حركتي نقطتين M و N من وسط الانتشار:**

◀ $MN = k.\lambda \iff \text{توافق في الطور.} \quad MN = k.\lambda + \frac{\lambda}{2} \iff \text{تعاكس في الطور.} \quad (k \in \mathbb{N})$

◀ **استعمال الوهاب لدراسة حركة دورية:**

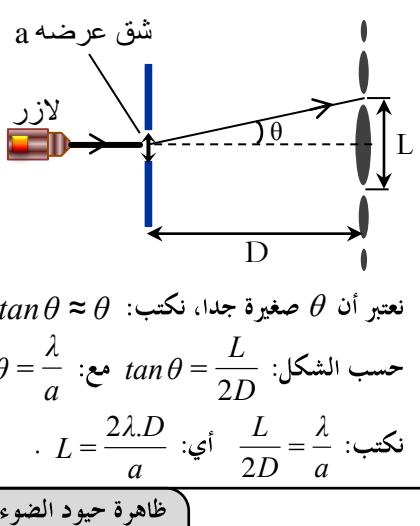
✖ ليكن: T_S و N_S دور و تردد الوهاب. ✖ و T و N دور و تردد الموجة.

✖ $N = k.N_S$ أو $T_S = k.T$

✖ $T_S > T$ (قليل) أو $N_S > N$ (قليل): حركة بطيئة للموجة في المنحى الحقيقي للانتشار.

✖ $T_S < T$ (قليل) أو $N_S < N$ (قليل): حركة بطيئة للموجة عكس المنحى الحقيقي للانتشار.

انتشار موجة صوتية



الضوء موجة كهرمغناطيسية مستعرضة تنتشر في الفراغ و في الأوساط المادية الشفافة.

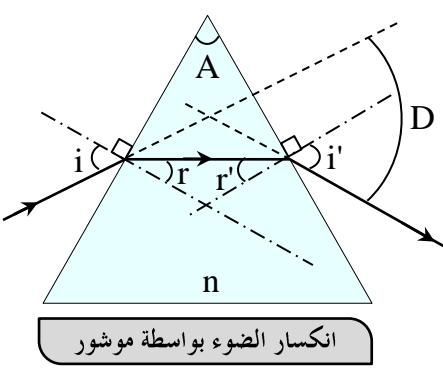
- سرعة انتشار الموجات الضوئية في الفراغ: $c = 3.10^8 \text{ m/s}$

$$V = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot N$$

في الفراغ يكون لدينا: $c = \frac{\lambda_0}{T} = \lambda_0 \cdot N$ (λ_0 طول الموجة في الفراغ).

- ظاهرة حيود موجة ضوئية: أثناء حيود موجة ضوئية تتحقق العلاقة:

: θ فوق الزاوي بين مركز البقعة المركزية المضيئة و أول بقعة مظلمة.
 a : عرض الشق، و شرط حدوث ظاهرة الحيود هو: $a < \lambda$
 λ : طول الموجة بالمتر (m)، θ بالراديان (rad) و a بالمتر (m).



- عرض البقعة المركزية: نبين أن: $L = \frac{2\lambda D}{a}$ (! يجب البرهنة عليها)

تبدد الضوء: هو الظاهرة التي تتمكن من فصل الإشعاعات ذات الألوان المختلفة.

الضوء المتعدد الألوان: هو كل لون يحتوي على عدة ألوان: كالضوء الأبيض مثلاً.

يتبدد الضوء الأبيض عند مروره عبر موشور.

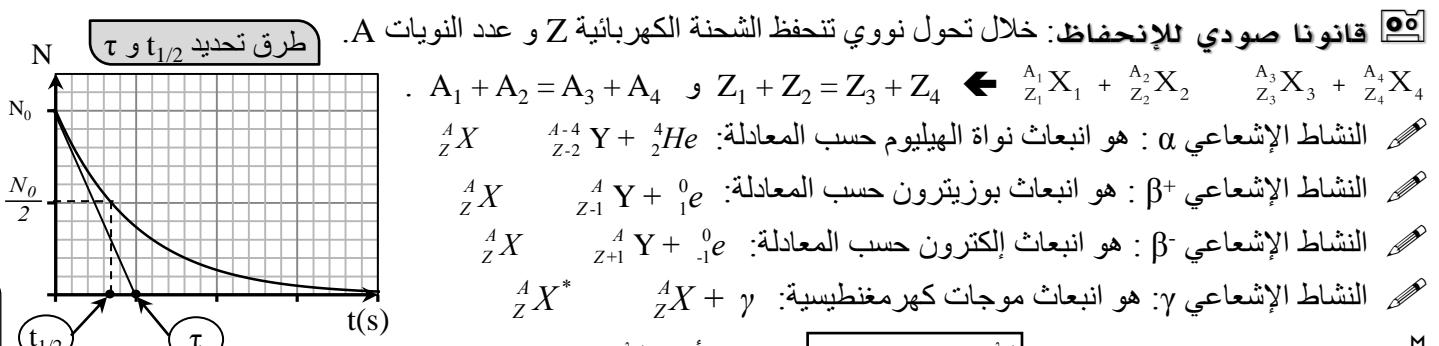
يعرف معامل الانكسار n لوسط شفاف بالعلاقة:

- العلاقات المميزة للموشور:

$$D = i + i' - A \quad , \quad A = r + r' \quad , \quad \sin i' = n \sin r' \quad , \quad \sin i = n \sin r$$

التناقص الإشعاعي

- نواة الذرة: تتكون النواة من Z بروتون و نترون و نرمز لها بـ ${}_Z^A X$ ، حيث A يمثل عدد النويات : $A = Z + N$.
- النظام: هي نويدات لها نفس عدد البروتونات Z و تختلف من حيث عدد النترونات N . (مثل ${}_{14}^6 C$ و ${}_{13}^6 C$ و ${}_{12}^6 C$).
- النشاط الإشعاعي: تفتت نووي طبيعي غير مرئي في الزمن لنواة غير مستقرة - تسمى نواة مشعة - إلى نواة متولدة أكثر استقراراً مع انبعاث دقيقة أو عدة دقائق تسمى إشعاعات نشيطة.



$$m(t) = m_0 e^{-\lambda t} \quad \text{و نبين أن: } N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

$$\tau = \frac{1}{\lambda} \quad \text{ثابتة الزمن:}$$

- عمر النصف: المدة الزمنية اللازمة لتفتت نصف نوى العينة: وحدة τ هي الثانية (s) و وحدة λ هي (s^{-1}) .

$$a(t) = \lambda \cdot N = a_0 e^{-\lambda t} \quad \text{أو: } a(t) = -\frac{dN}{dt}$$

نشاط عينة مشعة: هو عدد الافتراضات في وحدة الزمن: $a_0 = \lambda \cdot N_0$ بحيث: $a_0 = 1 \text{ Bq}$ يمثل 1 افراط خلال ثانية.

الفصيلة المشعة: مجموعة من النوى ناتجة عن تفتقادات متسلسلة لنواة أصل.

النوى - الكتلة و الطاقة

علاقة أينشتاين (التكافؤ كتلة-طاقة): كل مجموعة كتلتها m توجد في حالة سكون، تملك طاقة E تسمى طاقة الكتلة . $c=3.10^8 \text{ m/s}$ حيث :

$$E = m.c^2$$

النقص الكتلي Δm : هو الفرق بين مجموع كتل النويات و كتلة النواة:

$$\Delta m = [Zm_p + (A-Z)m_n] - m({}_Z^AX)$$

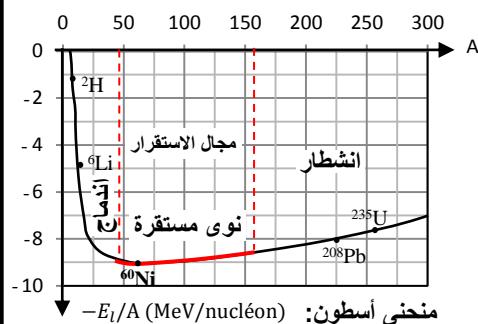
طاقة الرابط E_ℓ : هي الطاقة التي يجب إعطاؤها للنواة في حالة سكون لفصل نوياتها و تبقى هذه النويات في حالة سكون.

$$E_\ell = \Delta m.c^2 = [Zm_p + (A-Z)m_n - m({}_Z^AX)].c^2$$

طاقة الرابط بالنسبة لنووية $\frac{E_\ell}{A}$ MeV/nucléon . يُعبر عنها بالعلاقة: تعطي فكرة عن مدى استقرار النواة كلما كانت كبيرة تكون النواة الموافقة أكثر استقرارا.

الانشطار: تفاعل نووي محضر يتم خلاله انقسام نواة ثقيلة إلى نوتين خفيفتين عند تصادمها بنوترون.

الاندماج: تفاعل نووي محضر يتم خلاله اتحاد (اندماج) نوتين خفيفتين لتكون نواة أكثر ثقلًا.



المحصيلة الطاقية لتحول نووي: (! هام جدا).

$$\text{نعتبر تحولاً نووياً معادلته: } {}_{Z_1}^{A_1}X_1 + {}_{Z_2}^{A_2}X_2 \rightarrow {}_{Z_3}^{A_3}X_3 + {}_{Z_4}^{A_4}X_4$$

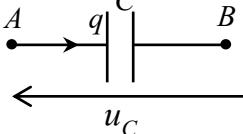
$$\Delta E = [m(X_3) + m(X_4) - m(X_1) - m(X_2)].c^2$$

$$\Delta E = \Delta m.c^2 = [m_{(produits)} - m_{(reactifs)}].c^2$$

أو: $\Delta E > 0$: تفاعل ناشر للحرارة ، $\Delta E < 0$: تفاعل ماصل للحرارة .

ثنائي القطب RC

المكثف : ثنائي قطب كهربائي يتكون من موصلين متقابلين يسميان لبوسي المكثف و يفصل بينهما عازل استقطابي.



العلاقة بين الشحنة والتوتر: مع C سعة المكثف وحدتها الفاراد (F) .

$$q = C.u_C$$

العلاقة بين الشحنة و شدة التيار: نبين أن: $I_0 = \frac{q}{\Delta t} = \frac{C.u_C}{\Delta t} = C \frac{du_C}{dt}$. و عندما نشحن بمولد مؤتمث نكتب: $i = \frac{dq}{dt}$

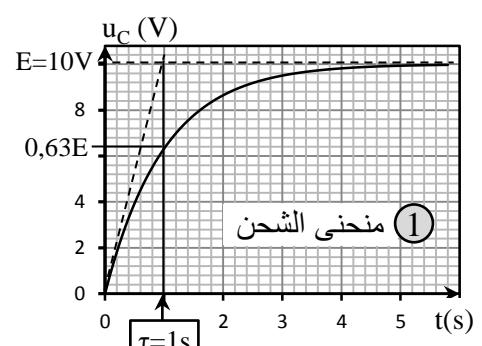
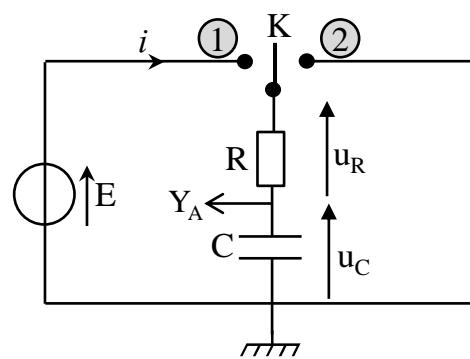
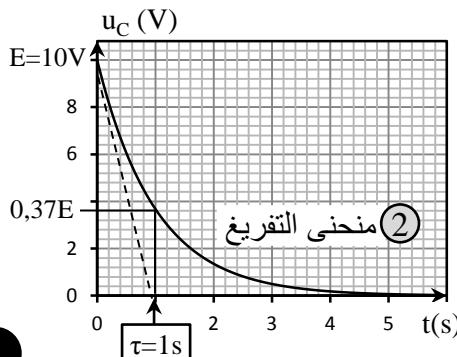
$$\text{الطاقة المخزونة في المكثف: } E_e = \frac{1}{2} C u_C^2 = \frac{1}{2} \frac{q^2}{C}$$

. E_e بالجول (J) ، و q بالكولوم (C) ، و السعة C بالفاراد (F) .

تجمیع المکثفات: على التوازی: $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$. على التوالی: $C_{eq} = C_1 + C_2 + \dots + C_n$

ثنائي القطب RC هو تركيب على التوالی لمكثف سعته C و موصل أومي مقاومته R .

$$\text{طرق تحديد ثابتة الزمن: } \tau = R.C$$



k في الموضع 2 : تفريغ المكثف

$$RC \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$$

المعادلة التفاضلية للتوتر u_C :

$$RC \frac{dq}{dt} + q = 0$$

المعادلة التفاضلية للشحنة q :

$$u_C = E e^{-\frac{t}{\tau}}$$

حل المعادلة التفاضلية:

$$I_0 = \frac{E}{R}$$

شدة التيار المار في الدارة: $i = -I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ ، مع

في النظام الدائم: $u_C = 0$ و $i = 0$.

k في الموضع 1 : شحن المكثف

$$RC \frac{du_C}{dt} + u_C = E$$

المعادلة التفاضلية للتوتر u_C :

$$RC \frac{dq}{dt} + q = E.C$$

المعادلة التفاضلية للشحنة q :

$$u_C = E(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$$

حل المعادلة التفاضلية:

$$I_0 = \frac{E}{R}$$

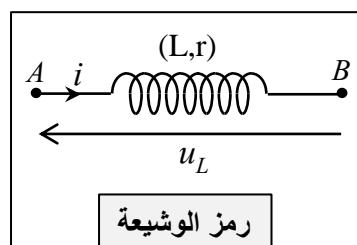
شدة التيار المار في الدارة: $i = I_0 e^{-\frac{t}{\tau}}$ ، مع

في النظام الدائم: $u_C = E$ و $i = 0$.

ثنائي القطب RL

فيزياء 7

الوشيعة: ثنائي قطب كهربائي تتكون من سلك موصلاً مطلباً عازلاً و ملفوف حول حامل عازل.



تعبير التوتر بين مربعي الوشيعة في اصطلاح مستقبل:

r : مقاومة الوشيعة بالأوم (Ω)

L : معامل التحرير الذاتي للوشيعة بالهنري (H)

i : شدة التيار بالأمبير (A) و u_L التوتر بالفولط (V)

$$u_L = r.i + L \frac{di}{dt}$$

ملاحظة 1: بالنسبة لوشيعة مثالية ($r=0$) نكتب: $u_L = L \frac{di}{dt}$

ملاحظة 2: في النظام الدائم تكون شدة التيار ثابتة $i = \text{cte}$ و بالتالي: $\frac{di}{dt} = 0$ أي: $u_L = r.i$ تتصرف الوشيعة كموصل أومي.

$$E_m = \frac{1}{2} L.i^2$$

الطاقة المغناطيسية المخزونة في الوشيعة:

ثنائي القطب RL هو تركيب على التوالي لوشيعة معامل تحريرها الذاتي L و مقاومتها r و موصل أومي مقاومته R .

$$R_t = R + r \quad \tau = \frac{L}{R+r} = \frac{L}{R_t}$$

انعدام (أو انقطاع) التيار \rightarrow فتح قاطع التيار K

$$\frac{L}{R_t} \frac{di}{dt} + i = 0$$

المعادلة التفاضلية لشدة التيار i :

$$I_{max} = \frac{E}{R_t}$$

حل المعادلة التفاضلية: $i = I_{max} e^{-\frac{t}{\tau}}$ مع:

في النظام الدائم: $u_L = 0$ و $i = 0$.

إقامة التيار \rightarrow غلق قاطع التيار K

$$\frac{L}{R_t} \frac{di}{dt} + i = \frac{E}{R_t}$$

المعادلة التفاضلية لشدة التيار i :

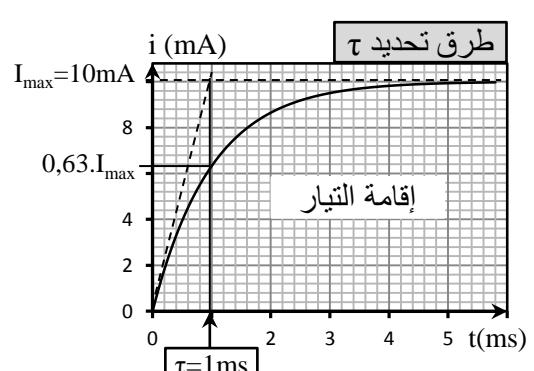
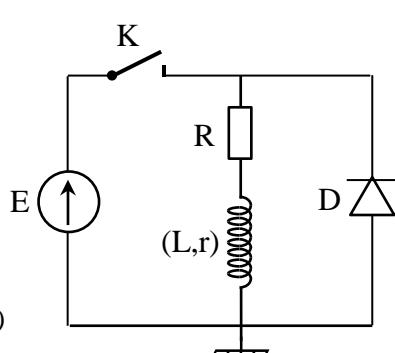
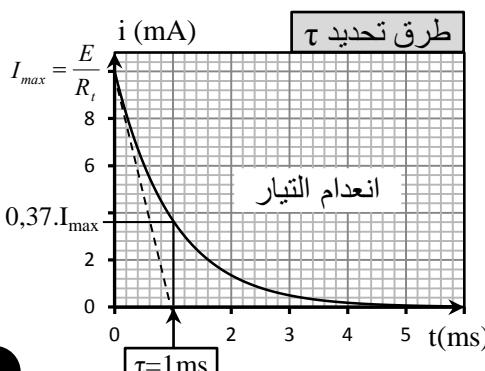
$$I_{max} = \frac{E}{R_t}$$

حل المعادلة التفاضلية: $i = I_{max}(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$ مع:

$$u_L = \frac{r.E}{R_t}$$

في النظام الدائم: $i = I_{max} = \frac{E}{R_t}$ و $u_L = 0$.

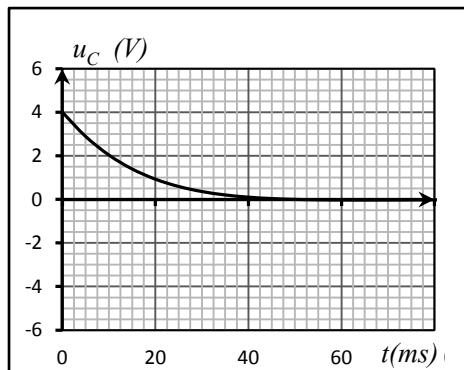
يعمل الصمام الثنائي D على تجنب الشرارات الناتجة عن فرط التوتر، و بالتالي حماية الدارة.



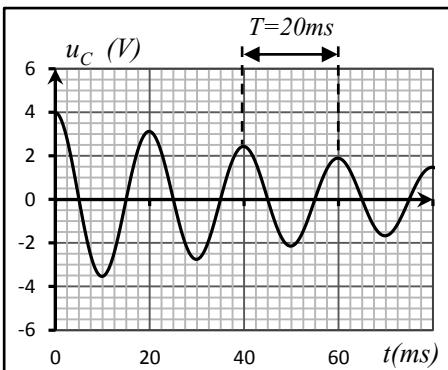
الذبذبات الحرة في دارة RLC متوازية

الذبذبات الحرة: نحصل على ذبذبات حرة في دارة RLC متوازية عندما لا يتوفّر للدارة أي مصدر للطاقة ماعدا الطاقة المخزونة في المكثف بدئياً، حيث يحدث تفريغ المكثف في الوشيعة. حيث تكون الطاقة المخزونة في المكثف عند $t=0$.

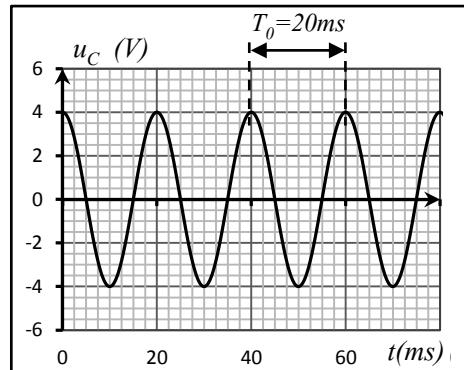
الأنظمة الحرة الثلاثة للذبذبات:



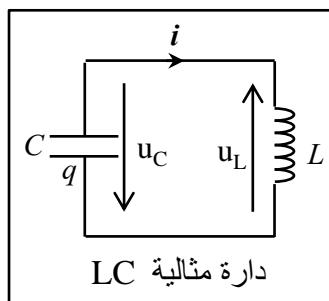
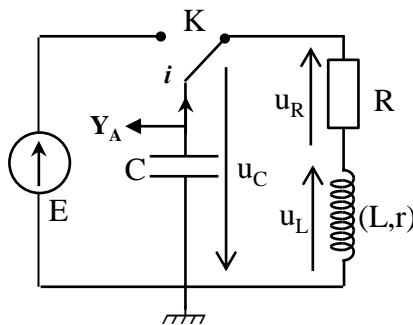
- R كبيرة \leftarrow نظام لا دوري
- تزول الذبذبات



- R صغيرة \leftarrow نظام شبه دوري
- شبه الدور $T \approx T_0$ حيث $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$



- نظام دوري $\leftarrow R=0$
- الدور الخاص $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$



المعادلة التفاضلية التي يحققها التوتر u_C :

$$\frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{(R+r)}{L} \frac{du_C}{dt} + \frac{1}{LC} u_C = 0$$

المعادلة التفاضلية التي تتحققها الشحنة q :

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{(R+r)}{L} \frac{dq}{dt} + \frac{1}{LC} q = 0$$

بالنسبة لمقاومة $R_1=R+r=0$ نتكلّم عن دارة مثالية LC، في هذه الحالة:

المعادلة التفاضلية تصبح:

$$\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{1}{LC} q = 0 \quad \text{أو} \quad \frac{d^2u_C}{dt^2} + \frac{1}{LC} u_C = 0$$

حل المعادلة التفاضلية هو:

$$u_C = U_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$$

الدور الخاص $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$

تعبر شحنة المكثف $q = C \cdot u_C = CU_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$

تعبر شدة التيار i المار في الدارة:

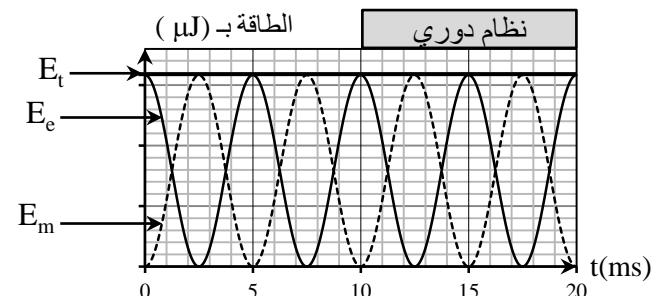
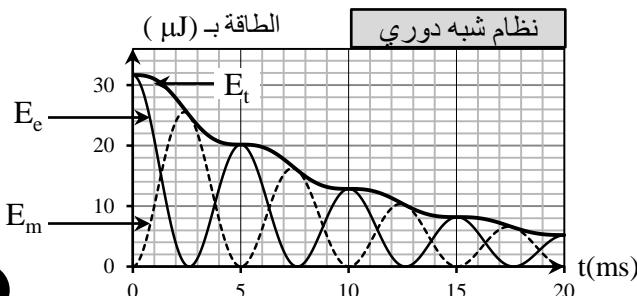
$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{2\pi \cdot CU_m}{T_0} \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$

الطاقة الكلية المخزونة في دارة RLC متوازية:

$$E_t = E_e + E_m = \frac{1}{2} C \cdot u_C^2 + \frac{1}{2} L \cdot i^2 = \frac{1}{2} C \cdot U_m^2 = \frac{1}{2} L \cdot I_m^2$$

في النظائر شبه الدوري و اللادوري تسايقن الطاقة الكلية ، ويعزى ذلك إلى وجود المقاومة R التي تبدد الطاقة بعمول جول . نبين أن:

صيانة الذبذبات: لصيانة الذبذبات (أي الحصول على نظام دوري انتلاقاً من نظام شبه دوري) يجب تزويد الدارة RLC بطاقة كهربائية تعوض الطاقة الصائبة بعمول جول في المقاومة R . لهذا الغرض نستعمل جهازاً يتصرف كمقاومة سالبة.



الذبذبات القسرية: يرغم المولد GBF (المثين) الدارة RLC على التذبذب بتردد N ($N \neq N_0$). التردد الخاص للدارة R .

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

القيمة الفعالة لتوتر متناوب جيبي:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

الشدة الفعالة للتيار متناوب جيبي:

$$\cdot |\varphi| = 2\pi \frac{\tau}{T}$$

طور التوتر $u(t)$ بالنسبة للتيار $i(t)$ يحقق العلاقة: حيث: τ الفرق الزمني بين $u(t)$ و $i(t)$ و T دور الذبذبات.

عندما يكون $N=N_0$ تحدث ظاهرة الرنين حيث تأخذ الشدة الفعالة للتيار قيمة قصوى. مع $N_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ التردد الخاص.

ممانعة الدارة RLC هي: $Z = \frac{U_m}{I_m} = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$

عند الرنين تتحقق العلاقات التالية: $1 = LC\omega_0^2$ و $Z = R$ و $\varphi = 0$.

$\tan \varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$ و $\cos \varphi = \frac{R}{Z}$

عرض المنطقة الممررة ذات -3dB : هو مجال الترددات $[N_1, N_2]$ حيث: $I \geq \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ ، (N_1, N_2) الشدة الفعالة للتيار عند الرنين

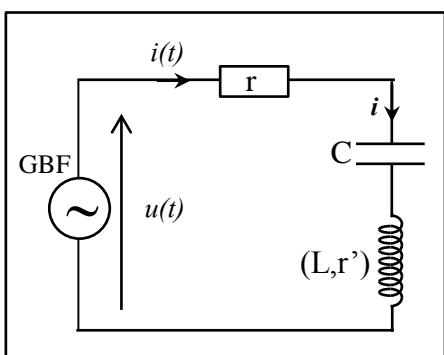
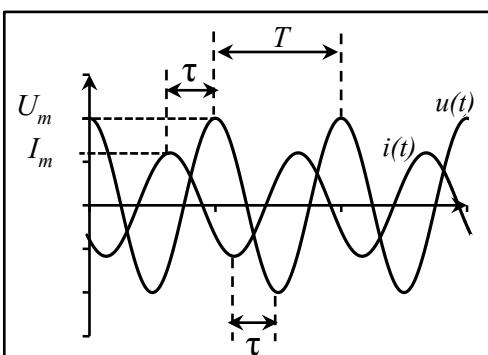
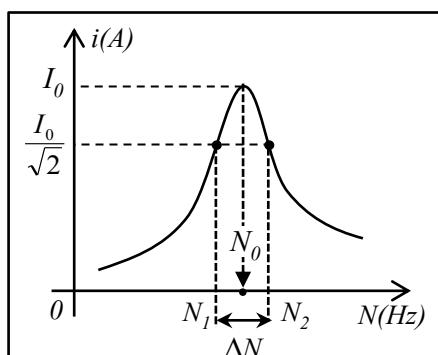
$$\Delta N = N_2 - N_1 = \frac{R}{2\pi L}$$

$$\cdot Q = \frac{N_0}{\Delta N} = \frac{\omega_0}{\Delta \omega} = \frac{L\omega_0}{R} = \frac{1}{RC\omega_0} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

القدرة المتوسطة المستهلكة في ثنائي قطب هي: $P = U \cdot I \cdot \cos \varphi$ وحدة P هي الواط (W) و I بالأمبير (A) و U بالفولط (V).

يسمى المقدار $\cos \varphi = P/S$ معامل القدرة.

تعتبر القدرة الظاهرة S هو: $S = U \cdot I$ وحدتها (VA).



الموجات الكهرمغنتيسية - تضمين الواقع

فيزياء 10

مميزات الموجات الكهرمغنتيسية: تنتشر في وسط متجانس و عازل وفق مسار مستقيم في جميع الاتجاهات.

تنشر في الفراغ بسرعة الضوء $c = 3.10^8 \text{ m/s}$.

$\lambda = c \cdot T = \frac{c}{f}$ تتميز بالتردد f و طول الموجة λ حيث (T دور الموجة):

نقل المعلومات: يتم نقل المعلومات بواسطة موجة حاملة (onde porteuse) يكون تردداتها f_p مرتفعة.

تضمن الإشارة (signale) المراد إرسالها الموجة الحاملة ، و يكون f_s تردد هذه الإشارة منخفضا.

تعتبر توتر جيبي هو: $u(t) = U_m \cos(2\pi f \cdot t + \varphi)$ حيث U_m و f و φ ثوابت.

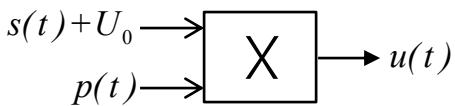
تضمين الوسع: هو جعل التوتر المضمن $U_m(t) = a.s(t) + b$ عبارة عن دالة تألفية للإشارة $s(t)$ (التوتر المضمن) :

ينجز تضمين الوسع تجريبياً بواسطة دارة متكاملة منجزة للجاء: $u(t) = k.(s(t) + U_0).p(t)$

• U_0 : المركبة المستمرة للإشارة $s(t)$ ذات التردد المنخفض f_S .

• $p(t)$: الموجة الحاملة ذات التردد المرتفع f_P .

• k : ثابتة تتعلق بالدارة المتكاملة المنجزة للجاء.



في حالة التوترات الجيبية: $s(t) = S_m \cos(2\pi f_S t)$ و $p(t) = P_m \cos(2\pi f_P t)$ نكتب التوتر $u(t)$ على شكل:

$$u(t) = k.(S_m \cos(2\pi f_S t) + U_0).P_m \cos(2\pi f_P t)$$

$$u(t) = k.P_m.U_0 \left(\frac{S_m}{U_0} \cos(2\pi f_S t) + 1 \right) \cos(2\pi f_P t)$$

$$u(t) = A(1 + m \cos(2\pi f_S t)) \cos(2\pi f_P t)$$

شروط الحصول على تضمين جيد (هام جداً):

$$m = \frac{S_m}{U_0} = \frac{U_{max} - U_{min}}{U_{max} + U_{min_0}} < 1 \quad \text{أي: نسبة التضمين } m > U_0 / S_m$$

تردد التوتر الحامل f_P أكبر بكثير من التردد f_S للإشارة:

إزالة تضمين توتر مضمن الوسع يجب:

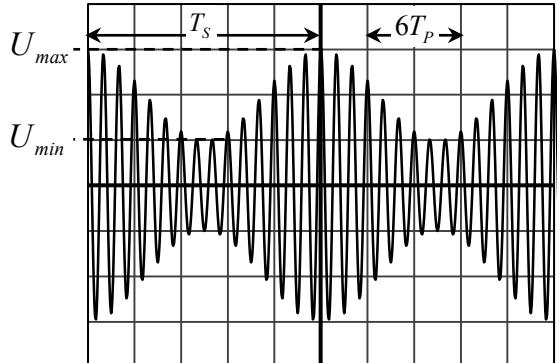
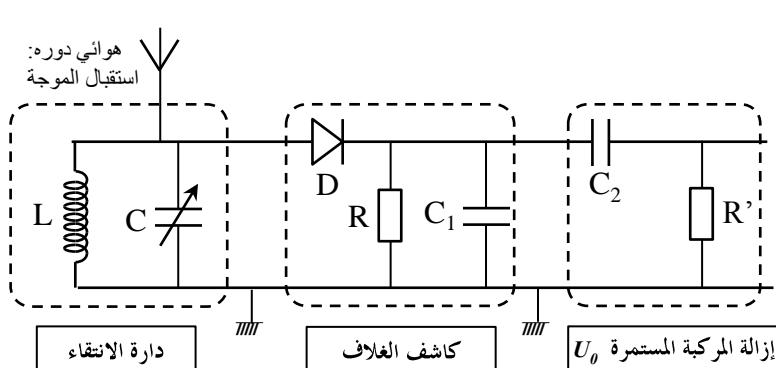
كشف غلاف التوتر المضمن بواسطة صمام ثانوي D و دارة RC_1 متوازية. (دور D هو إزالة النوبات السالبة)

حذف المركبة المستمرة U_0 بواسطة مرشح C_2R' مرمر للترددات العالية.

للحصول على إزالة تضمين جيدة يجب تحقيق الشرط التالي (هام جداً):

$$\frac{1}{f_P} \ll RC_1 \ll \frac{1}{f_S} \quad \text{أو} \quad T_P \ll \tau = RC_1 \ll T_S$$

لانتقاء محطة معينة يجب أن يكون التردد f_P للموجة الحاملة مساوً للتردد الخاص لدائرة الانتقاء LC , أي:



قوانين نيوتن

فيزياء 11

• **تعبير متجهة الموضع في معلم ديكارتى (R(O, i, j, k) :**

$$OG = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad \text{وحدة OG هي المتر (m).} \quad \overrightarrow{OG} = x.i + y.j + z.k$$

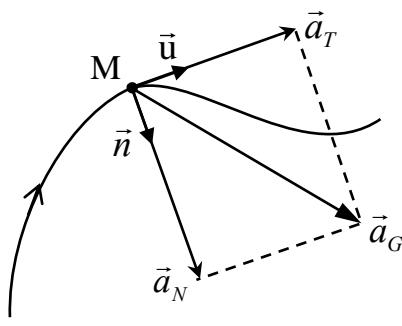
• **تعبير متجهة السرعة في معلم ديكارتى:** متجهة السرعة هي المشقة بالنسبة للزمن لمتجهة الموضع وحدة قيمتها: (m.s⁻¹).

$$v_x = \frac{dx}{dt}; \quad v_y = \frac{dy}{dt}; \quad v_z = \frac{dz}{dt} \quad \text{حيث: } v_G = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2} \quad \text{منظمه: } \vec{v}_G = v_x.i + v_y.j + v_z.k \Leftarrow \vec{v}_G = \frac{d\overrightarrow{OG}}{dt}$$

• **تعبير متجهة التسارع في معلم ديكارتى:** متجهة التسارع هي المشقة بالنسبة للزمان لمتجهة السرعة وحدة قيمتها: (m.s⁻²).

$$a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \quad \text{حيث: } a_G = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad \text{منظمه: } \vec{a}_G = a_x.i + a_y.j + a_z.k \Leftarrow \vec{a}_G = \frac{d\vec{v}_G}{dt} = \frac{d^2\overrightarrow{OG}}{dt^2}$$

نستعمل كذلك الترميز: $a_x = \ddot{x}, \quad a_y = \ddot{y}, \quad a_z = \ddot{z} \quad \text{و} \quad v_x = \dot{x}, \quad v_y = \dot{y}, \quad v_z = \dot{z}$



تعبير متجهة التسارع في أساس فريني $M(\vec{u}, \vec{n})$

المتجهة \vec{u} موجهة في منحى الحركة ومماسة للمسار.

المتجهة \vec{n} عمودية على \vec{u} و موجهة نحو تقرر المسار.

$$\left. \begin{aligned} a_T &= \frac{dv}{dt} \\ a_T &= \frac{v^2}{\rho} \end{aligned} \right\} \text{ بحيث: } \boxed{\vec{a}_G = \vec{a}_T + \vec{a}_N = a_T \vec{u} + a_N \vec{n}}$$

ρ : تقرر المسار بـ (m) ، في حالة الحركة الدائرية يكون $R = \rho$.

قوانين نيوتن:

$$\Sigma \vec{F}_{ext} = \vec{0} \quad \vec{v}_G = cte$$

أي:

القانون الأول (مبدأ القصور): في معلم غاليلي، إذا كان المجموع المتجهي للقوى الخارجية المطبقة على جسم صلب متعدماً، فإن مركز قصورة G يكون ساكناً أو في حركة مستقيمية منتظمة:

$$\Sigma \vec{F}_{ext} = m \vec{a}_G = m \frac{d\vec{v}_G}{dt}$$

أي:

القانون الثاني (القانون الأساسي للتحريك): في معلم غاليلي، يساوي المجموع المتجهي للقوى الخارجية المطبقة على جسم صلب في حركة، جذاء كتلته m و متجهه التسارع \vec{a}_G لمركز قصورة

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

أي:

القانون الثالث (مبدأ التأثيرات المتبادلة): جسمان (A) و (B) في بيئي، كيما كانت حالة الجسمين (سكون أم حركة) فإن:

. الحركة المستقيمية المتغيرة بانتظام \leftrightarrow المسار مستقيم و التسارع ثابت $\vec{a}_G = cte$

$$\text{معادلة السرعة: } v = a \cdot t + v_0 \quad , \text{ المعادلة الزمنية: } x = \frac{1}{2} a \cdot t^2 + v_0 \cdot t + x_0$$

السقوط الرأسي لجسم صلب

فيزياء 12

مجال الثقالة: بجوار الأرض، يخضع جسم كتلته m إلى قوة الثقالة $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$ حيث: \vec{g} هي النيوتن (N).

\vec{g} : متجهة مجال الثقالة، وحدة قيمتها هي $(N \cdot kg^{-1})$ أو $(m \cdot s^{-2})$. تغير قيمة g مع الارتفاع h وفق العلاقة:

$(g_h = \frac{G \cdot M}{(R+h)^2})$ يكون مجال الثقالة منتظاماً، إذا كانت للمتجهة \vec{g} نفس المميزات في كل نقطة من نقطة (نفس الاتجاه و نفس المنحى و نفس الشدة).

1- السقوط الرأسي باحتكاك [خاص بـ (SP) و (SM)]:

نعتبر حركة كرية كتلتها m و كتلتها الحجمية ρ_f في سقوط رأسي داخل مائع كتلته الحجمية ρ_f :

. المعادلة التفاضلية لحركة الكرينة:

C المجموعة المدرosa: { الكرينة } .

C القوى المطبقة على الكرينة: (ملاحظة: نقطة تأثير القوى هو مركز قصورة G).

لـ وزن الكرينة: $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$

لـ دافعة أرخميدس: $\vec{F}_A = -\rho_f \cdot V \cdot \vec{g}$ (V حجم الكرينة = حجم السائل المزاح).

لـ قوة الاحتكاك المائع: $\vec{f} = -k \cdot v_G^n \cdot \vec{k}$. حيث: ($n=1$ أو $n=2$).

C في مرجع أرضي نعتبره غاليليا، نطبق القانون الثاني لنيوتن: $\vec{P} + \vec{F}_A + \vec{f} = m \vec{a}_G$

C نسقط العلاقة المتجهية على المحور (O, \vec{k}) فنجد: $m \cdot g - m_f \cdot g - k \cdot v_G^n = m a_G$

مع: $B = \frac{k}{m}$ و $A = g \left(1 - \frac{m_f}{m}\right)$. بحيث: $\frac{dv_G}{dt} = A - B \cdot v_G^n$ نكتب هذه العلاقة على شكل: $a_G = \frac{dv_G}{dt}$

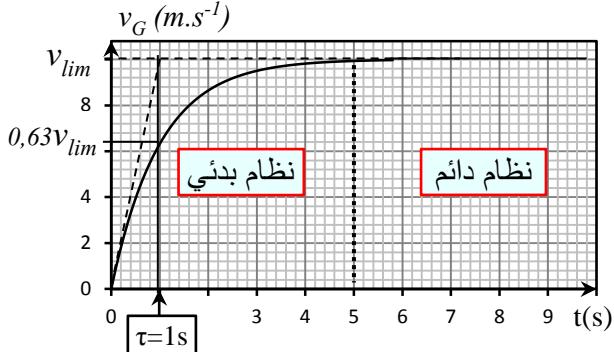
. حل المعادلة التفاضلية باستعمال طريقة أولين:

$$v_{i+1} = v_i + a_i \cdot \Delta t \quad \text{و} \quad a_i = A - B \cdot v_i^n \quad \text{إذن:} \quad \left. \frac{dv}{dt} \right|_i = a_i = \frac{v_{i+1} - v_i}{\Delta t} = A - B \cdot v_i^n$$

بمعرفة السرعة البدئية v_0 و A و B ، نحسب التسارع البدئي a_0 و من ثم نحسب السرعة v_1 عند اللحظة $t_1 = t_0 + \Delta t$. وهكذا...

$$v_2 = v_1 + a_1 \cdot \Delta t \Leftarrow a_1 = A - B \cdot v_1^n \text{ و منه: } v_1 = v_0 + a_0 \cdot \Delta t \Leftarrow a_0 = A - B \cdot v_0^n$$

السرعة الحدية: v_{lim} : في البداية تتزايد سرعة الكريهة ثم تنتهي لقيمة ثابتة تسمى السرعة الحدية.



في النظام الدائم تكون $\frac{dv_G}{dt} = 0 \Leftarrow v_G = v_{lim} = cte$

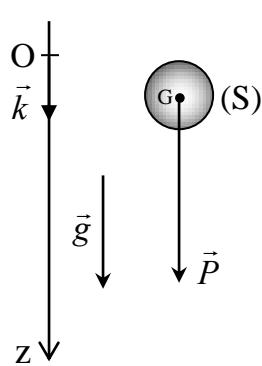
$$v_{lim} = \left(\frac{A}{B}\right)^{\frac{1}{n}} = \left(\frac{g}{k}(m - m_f)\right)^{\frac{1}{n}}$$

التسارع البدئي: a_0 : في اللحظة $t=0$ نأخذ $v_0 = 0$:

$$a_0 = A = g(1 - \frac{m_f}{m}) \text{ و بالتالي: } a_0 = \frac{dv}{dt} \Big|_{t=0}$$

الزمن المميز τ : يمكن قيمة τ من إعطاء رتبة قدر النظام البدئي: $\tau = \frac{v_{lim}}{a_0}$.

2- السقوط الرأسي الحر:



- يكون جسم صلب في سقوط حر في مرجع غاليلي عندما لا يخضع إلا لوزنه \vec{P} فقط.
- نعتبر حركة جسم صلب كتلته m في سقوط حر.

دراسة حركة الجسم:

C المجموعة المدروسة: { الجسم (S) } .

C القوى المطبقة على الجسم (S): وزن الكريهة: $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$.

C القانون الثاني لنيوتون: $\vec{a}_G = \vec{g} \Leftarrow \vec{P} = m \cdot \vec{a}_G = m \cdot \vec{g}$.

C الإسقاط على المحور (O,z) يعطي: $\frac{dv_G}{dt} = g$ أو $a_G = g$ و هي المعادلة التفاضلية للحركة.

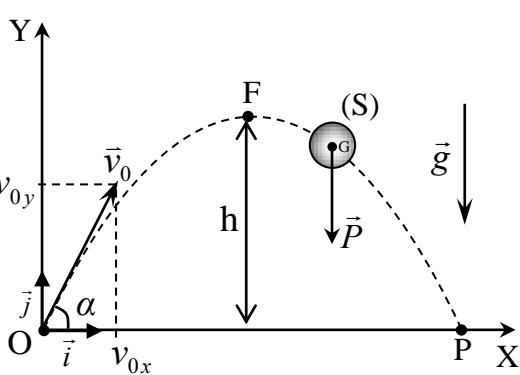
بإنجاز التكامل للمعادلة التفاضلية نحصل على معادلة السرعة: $v_G = g \cdot t + v_0$ ، بحيث: v_0 السرعة عند $t=0$.

بإنجاز التكامل لمعادلة السرعة نحصل على المعادلة الزمنية: $z = \frac{1}{2} g \cdot t^2 + v_0 \cdot t + z_0$ ، بحيث: z_0 الأنسب عند $t=0$.

طبيعة الحركة: المسار مستقيم و التسارع ثابت $a_G = g = 9,81 \text{ m/s}^2$ \Leftarrow الحركة مستقيمية متغيرة بانتظام.

الحركات المستوية

فيزياء 13



1- حركة قذيفة في مجال الثقالة المنتظم:

القذيفة هي كل جسم يقذف بجوار الأرض بسرعة بدئية \vec{v}_0 .

المعادلات التفاضلية:

C المجموعة المدروسة: { الجسم (S) } .

C القوى المطبقة على (S): وزن الجسم: $\vec{P} = m \cdot \vec{g}$.

C القانون الثاني لنيوتون: $\vec{a}_G = \vec{g} \Leftarrow \vec{P} = m \cdot \vec{a}_G = m \cdot \vec{g}$.

C بالإسقاط على محوري المعلم (Ox) و (Oy) نحصل على:

$$\begin{cases} \frac{d^2 x}{dt^2} = 0 \\ \frac{d^2 y}{dt^2} = -g \end{cases} \quad \text{أو} \quad \begin{cases} \frac{dv_x}{dt} = 0 \\ \frac{dv_y}{dt} = -g \end{cases} \quad \text{أي:} \quad \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$

و هي المعادلات التفاضلية للحركة.

$$x_0 = 0 \quad \begin{cases} x = (v_0 \cos \alpha) \cdot t \\ y = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + (v_0 \sin \alpha) \cdot t \end{cases}$$

المعادلات الزمنية: $CQFD$

$$\begin{cases} v_x = v_0 \cos \alpha \\ v_y = -g \cdot t + v_0 \sin \alpha \end{cases}$$

معادلات السرعة: $CQFD$

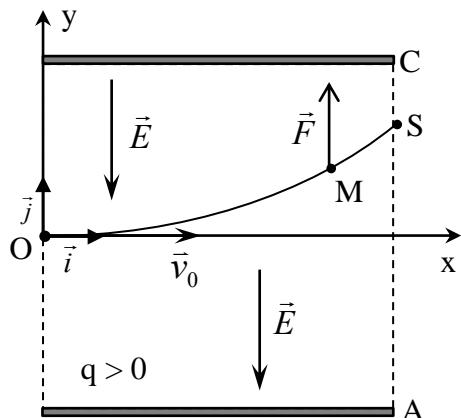
طبيعة الحركة: حركة G مستقيمة منتظمة على المحور (Ox) و مستقيمة متغيرة بانتظام على المحور (Oy).

$$CQFD \quad OP = x_P = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{g}$$

$$x_F = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{2g} \quad h = y_P = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2g} \quad \text{و منه: } t_F = \frac{v_0 \sin \alpha}{g}$$

المدى و هو المسافة OP: عند النقطة P يكون $y=0$: نجد قمة المسار F : عند النقطة F يكون $v_y=0$: نجد:

2- حركة دقيقة مشحونة في مجال كهرباكن منتظم: [خاص بـ (SM) :



$$E = \frac{U}{d} = \frac{|V_A - V_C|}{AC} \quad (V.m^{-1})$$

$$V_A > V_C$$

تخصيصة مشحونة ذات كتلة m و شحنة q ، في مجال كهرباكن متوجهه إلى قوة كهرباكنة $\vec{F} = q\vec{E}$ بحيث: $W(\vec{F}) = q.U_{AB} = \pm qEd$. شغلها: $A \rightarrow B$ المجموعة المدروسة: { الدقيقة المشحونة }.

القوى المطبقة على (S): القوة الكهرباكنة \vec{F} . (نهمل وزن الدقيقة)

$$\vec{a} = \frac{q\vec{E}}{m} \Leftarrow \vec{F} = m\vec{a} = q\vec{E}$$

الحالة الأولى: \vec{v}_0 متوازية مع \vec{E} : سقط العلاقة أعلاه على محوري المعلم:

$$\begin{cases} x = \frac{qE}{2m} \cdot t^2 + v_0 \cdot t \\ y = 0 \end{cases} \iff \begin{cases} v_x = \frac{qE}{m} \cdot t + v_0 \\ v_y = 0 \end{cases} \iff \begin{cases} a_x = \frac{q \cdot E}{m} \\ a_y = 0 \end{cases}$$

بما أن الحركة تتم وفق المحور (Ox) فقط و التسارع ثابت فإن الحركة مستقيمة متغيرة بانتظام.

الحالة الثانية: \vec{v}_0 متعامدة مع \vec{E} :

سقط العلاقة أعلاه على محوري المعلم: $CQFD$

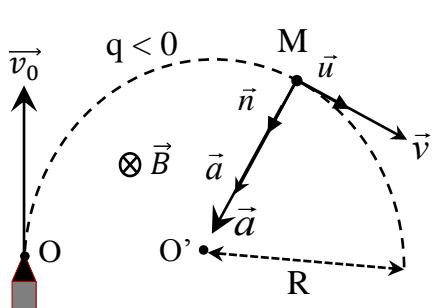
• على المحور (Ox): الحركة مستقيمة منتظمة.

• على المحور (Oy): الحركة مستقيمة متغيرة بانتظام.

$$\begin{cases} x = v_0 \cdot t \\ y = -\frac{qE}{2m} \cdot t^2 \end{cases} \iff \begin{cases} v_x = v_{0x} = v_0 \\ v_y = -\frac{qE}{m} \cdot t \end{cases} \iff \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -\frac{q \cdot E}{m} \end{cases}$$

معادلة المسار هي: $D_e = K \cdot U$ \Rightarrow الانحراف الكهربائي: $y = -\frac{qE}{2mv_0^2} \cdot x^2$ المسار عبارة عن جزء من شلجم.

3- حركة دقيقة مشحونة في مجال مغناطيسي منتظم: [خاص بـ (SP) و (SM) :



تخصيصة مشحونة ذات كتلة m و شحنة q ، في مجال مغناطيسي متوجهه إلى قوة لورنتز (القوة المغناطيسيه): $F = q.v.B \sin(\vec{v}, \vec{B})$ منظمها: $\vec{F} = q.\vec{v} \times \vec{B}$

المجموعة المدروسة: { الدقيقة المشحونة }.

القوى المطبقة على (S): القوة المغناطيسيه \vec{F} . (نهمل وزن الدقيقة)

$$\vec{a} = \frac{q\vec{v} \times \vec{B}}{m} \Leftarrow \vec{F} = m\vec{a} = q\vec{v} \times \vec{B}$$

قدرة قوة لورنتز: $E_c = \frac{1}{2}mv^2 = cte \Leftarrow$

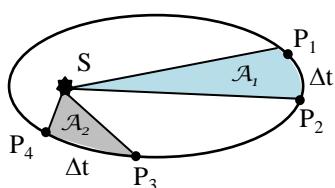
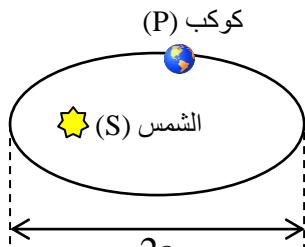
$$a = \frac{v_0^2}{\rho} \quad \text{و منه: } \vec{F} \quad \vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{u} + \frac{v^2}{\rho} \vec{n} \quad \text{و بما أن السرعة } v = v_0 \text{ ، فإن:}$$

$$\rho = R = \frac{m \cdot v_0}{|q| \cdot B} = cte \quad \frac{v_0^2}{\rho} = \frac{|q| \cdot v_0 \cdot B}{m} \quad \text{وهكذا نجد: } \vec{v} \cdot \vec{n} = 1 \quad \text{و منه: } \sin \alpha = 1 \quad \text{و بالتالي:}$$

بما أن شعاع انحصار المسار ثابت و السرعة ثابتة، فإن الحركة دائريه منتظمه.

يتناصف الانحراف المغناطيسي اطرادا مع شدة المجال المغناطيسي: $D_m = K \cdot B$

المرجع الغاليلي الملائم لدراسة حركة الكواكب حول الشمس هو المرجع المركزي الشمسي.



القانون الأول (قانون المدارات الإهليجي): ففي المرجع المركزي الشمسي مسار مركز قصور كوكب إهليجي تحت الشمس إحدى بؤرتيه.

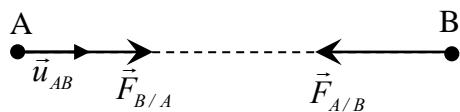
القانون الثاني (قانون المساحات): تكسح القطعة [SP] التي تربط مركز كوكب P بمركز الشمس S مساحات متساوية في مدة زمنية متساوية: خلال نفس المدة Δt يكون $A_1 = A_2$.

القانون الثالث أو (قانون الأدوار): يتناسب مربع الدور المداري T^2 ارداً مع مكعب نصف طول المحور الكبير للإهليج.

دور المداري لكوكب هو المدة الزمنية اللازمة لينجز دورة واحدة في مداره حول الشمس.

قانون التجاذب الكوني:

يعبر عن قوتي التجاذب الكوني بين جسمين نقطيين A و B كالتالي على التوالي m_A و m_B و تفصل بينهما المسافة AB بالعلاقة:



$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A} = -G \frac{m_A \cdot m_B}{AB^2} \vec{u}_{AB}$$

\vec{u}_{AB} متجهة واحدية موجهة من A نحو B.

حركة كوكب حول الشمس:

نعتبر كوكبا كتلته m_P و مركز قصوره P في حركة دائيرية حول الشمس ذات الكتلة m_S .

ندرس حركة الكوكب في المرجع المركزي الشمسي الذي نعتبره غاليليا.

← طبيعة الحركة: المجموعة المدرستة { الكوكب } .

جرد القوى: قوة التجاذب الكوني المطبقة من طرف الشمس: $\vec{F}_{S/P} = -G \frac{m_S \cdot m_P}{r^2} \vec{u}_{SP}$

طبق القانون الثاني لنيوتون: \vec{F}_S / P

$$\vec{a}_P = -G \frac{m_S}{r^2} \vec{u}_{SP} = G \frac{m_S}{r^2} \vec{n}$$

ومنه: $a_P = G \frac{m_S}{r^2}$

يتبيّن من هذه العلاقة أن a_P انجدابية مركبة ومنظمها ثابت ← الحركة دائيرية منتظمة.

← سرعة الكوكب: لدينا $\vec{a}_P = G \frac{m_S}{r^2} \vec{n}$ و تعبير التسارع في أساس فريني هو: $\vec{a} = \frac{dv}{dt} \vec{u} + \frac{v^2}{r} \vec{n} = \frac{v^2}{r} \vec{n}$. و $v = \sqrt{G \frac{m_S}{r}}$ وبالتالي: $v^2 = G \frac{m_S}{r^2}$. ومنه: $v = \sqrt{G \frac{m_S}{r}}$

← التحقق من القانون الثالث لكيبلر: $T^2 = \frac{4\pi^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot m_S}$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{G \cdot m_S}}$$

ملاحظة: لدراسة حركة قمر اصطناعي حول الأرض، نتبع نفس المراحل السابقة مع استبدال الشمس بالأرض و الكوكب بالقمر الاصطناعي.

نعرض كتلة الشمس بكتلة الأرض $m_T \leftarrow m_S$ و نعرض كتلة الكوكب بكتلة القمر الاصطناعي $m_{satellite} \leftarrow m_P$.

لـ وهكذا نجد، سرعة القمر الاصطناعي: $v_{satellite} = \sqrt{G \frac{m_T}{(R_T + h)}}$ لـ الدور المداري للقمر الاصطناعي: $T^2 = \frac{4\pi^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot m_T}$. مع $r = R_T + h$. شعاع الأرض و h الارتفاع عن سطح الأرض

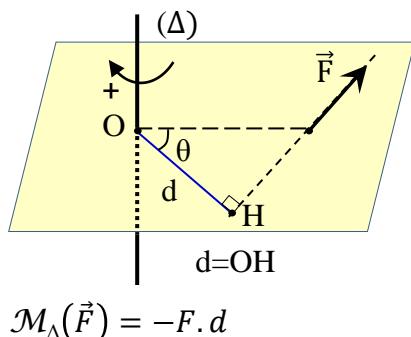
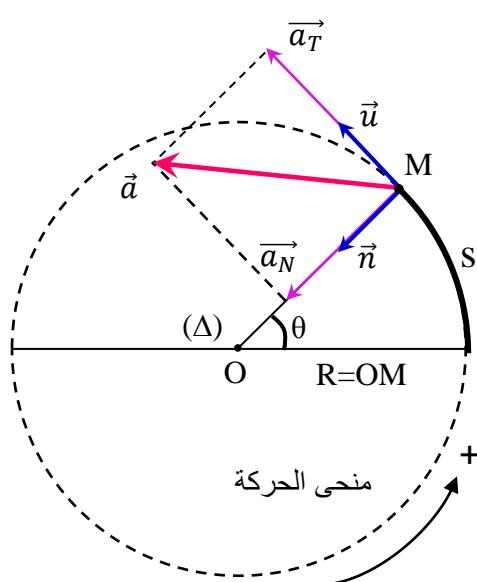
القانون الثالث لكيبلر: $T^2 = \frac{4\pi^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot m_T}$

في هذه الدراسة اعتبرنا أن مسار الكوكب دائري $r = a$. يكون ساتل ساكن بالنسبة للأرض إذا بدا دوما ساكنا بالنسبة لملاظط يوجد على سطح الأرض.

القانون الثالث لكيبلر يكتب على شكل: $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{G \cdot m_T}$

الاستقرار هو وضع قمر اصطناعي (ساتل) في مداره حول كوكب ما.

- نعلم حركة نقطة M في دوران حول محور ثابت بأقصوله المنحني s و بأقصوله الزاوي θ بحيث:
 - $s = R\theta$
 - $\omega = \frac{d\theta}{dt} = \dot{\theta}$
 - $v = R\dot{\theta}$
 - $\ddot{\theta} = \frac{d\dot{\theta}}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$
 - في حالة $\ddot{\theta} = cte$ تكون الحركة دائرية منتظمة: $\theta = \dot{\theta}t + \theta_0$
 - متوجه التسارع تكون انجذابية مركزية: $\vec{a} = a_N \vec{n}$ أي: $a = \frac{v^2}{R} = R\dot{\theta}^2$
 - في حالة $\ddot{\theta} = cte$ تكون الحركة دائرية متغيرة بانتظام: $\dot{\theta} = \ddot{\theta}t + \dot{\theta}_0$
 - المعادلة الزمنية للحركة: $\theta = \frac{1}{2}\ddot{\theta}t^2 + \dot{\theta}_0 t + \theta_0$
 - متوجه التسارع الخطى: $\vec{a}_T = R\dot{\theta} \vec{u}$ و $\vec{a}_N = \frac{v^2}{R} \vec{n}$ مع: $\vec{a} = \vec{a}_T + \vec{a}_N$



العلاقة الأساسية للديناميكي في حالة الدوران حول محور ثابت، في معلم غاليلي مرتبط بالأرض، وبالنسبة لمحور ثابت (Δ)، مجموع عزوم القوى المطبقة على جسم صلب في دوران حول محور ثابت، يساوي، في كل حظة، جداء عزم القصور J_Δ والتسارع الزاوي $\dot{\theta}$ للجسم:

$$\left. \begin{array}{l} J_\Delta : \text{عزم قصور الجسم} - \text{Kg.m}^2 \\ \dot{\theta} : \text{التسارع الزاوي للجسم} - \text{rad.s}^{-2} \\ \text{وحدة العزم } \mathcal{M} \text{ هي (N.m)} \end{array} \right\} \quad \sum \mathcal{M}_\Delta(\vec{F}_i) = J_\Delta \cdot \dot{\theta}$$

ملاحظة: إذا كان اتجاه القوة \vec{F} يوازي أو يتقاطع مع المحور (Δ) فإن عزماً منها يكون منعدماً: $\mathcal{M}_\Delta(\vec{F}) = 0$.

العزم مقدار جبri: يكون موجباً إذا كانت القوة \vec{F} تدبر الجسم في المنحي الموجب و يكون سالباً في الحالة المعاكسة.

المجموعات الميكانيكية المتذبذبة

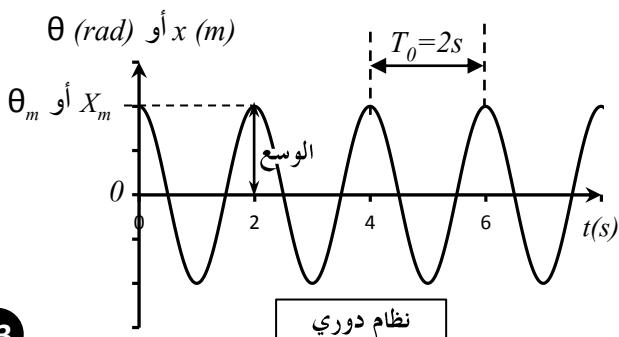
- نقول أن جسماً ما يُكون متذبذباً ميكانيكيّاً إذا كان ينجذب حركة تذبذبية أي حركة ذهاب و إياب حول موضع توازنه المستقر.

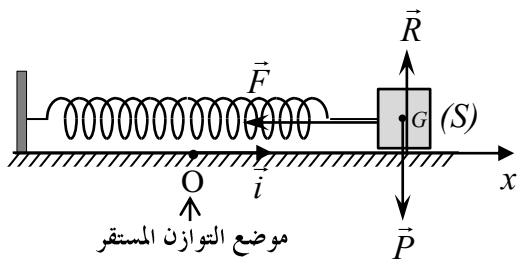
الذبذبات الحركة: هي ذبذبات ينجذبها متذبذب ميكانيكي دون أن يكتسب طاقة من الوسط الخارجي بعد إحداث حركته.

واسع الحركة: هو القيمة القصوى الموجية التي يأخذها المقدار المعتبر عن مدى ابتعاد أو اخراج المتذبذب عن موضع توازنه المستقر. (X_m ; θ_m).

الدور الخاص للحركة: T_0 : هو المدة الزمنية اللازمة لإنجاز ذبذبة واحدة وحدتها (s).

موضع التوازن المستقر: هو الموضع الذي إذا زحزح عنه المتذبذب يعود إليه ليستقر فيه.





- ١- النواس المرن الأفقي: المجموعة { جسم صلب - نابض } .
- القوى المطبقة على المجموعة المدروسة { الجسم (S) } هي:
- ـ قوة الارتداد (توتر النابض) \vec{F} حيث: $\vec{F} = -k \cdot x \cdot \vec{i}$
- ـ وزن الجسم: \vec{P} .
- ـ تأثير السطح: \vec{R} ؛ (نهمل الاحتكاكات).

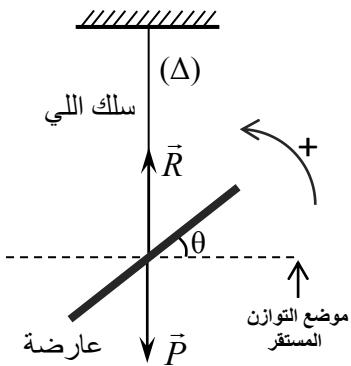
في المعلم ($R(O, \vec{i})$) المرتبط بمرجع أرضي نعتبره غاليليا، نطبق القانون الثاني لنيوتن: $\vec{R} + \vec{P} + \vec{F} = m \cdot \vec{a}_G$

الإسقاط على المحور (O, \vec{i}) يعطي: $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$ ؛ أي: $0 + 0 - k \cdot x = m \cdot \ddot{x} = m \cdot \ddot{x}$. وهي المعادلة التفاضلية للحركة.

حل المعادلة التفاضلية هو: $x = X_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$ بحيث:

$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$: وسع الحركة ب (m)، و φ الطور عند اللحظة $t=0$ (rad)، و الدور الخاص للحركة ب (s) .

٢- نواس اللي [خاص بـ (SP) و (SM)] :



أثناء الحركة تخضع المجموعة المدروسة { العارضة } إلى:

ـ مزدوجة اللي و عزمها هو: $M_C = -C \cdot \theta$. ثابتة اللي للسلوك ب (N.m.rad⁻¹)

ـ وزن العارضة: \vec{P} .

ـ تأثير السلك: \vec{R} .

نطبق على العارضة القانون الأساسي للتحريك في حالة جسم صلب في دوران

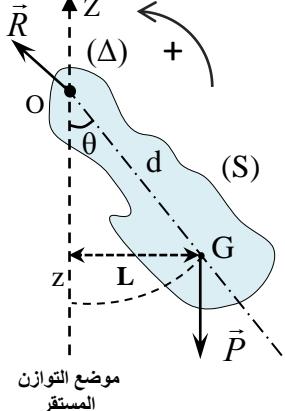
$$M_\Delta(\vec{P}) + M_\Delta(\vec{R}) + M_C = J_\Delta \cdot \ddot{\theta} . M_\Delta(\vec{P}) + M_\Delta(\vec{R}) = J_\Delta \cdot \ddot{\theta} \quad \text{لأن اتجاه كل من } \vec{P} \text{ و } \vec{R} \text{ منطبق مع المحور } (\Delta) . M_\Delta(\vec{P}) = 0 , M_\Delta(\vec{R}) = 0$$

ومنه: $\ddot{\theta} \cdot \ddot{\theta} + \frac{C}{J_\Delta} \cdot \theta = 0$ ، وهي المعادلة التفاضلية للحركة. حلها هو: $\theta = \theta_m \cos\left(\frac{2\pi}{T_0} \cdot t + \varphi\right)$.

$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_\Delta}{C}}$: وسع الحركة ب (rad)، و φ الطور عند اللحظة $t=0$ (rad)، و T_0 الدور الخاص للحركة ب (s) .

٣- النواس الوزن [خاص بـ (SP) و (SM)] :

أثناء الحركة تخضع المجموعة المدروسة { الجسم الصلب (S) } إلى:

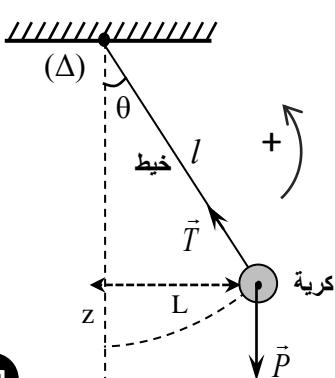


نطبق على الجسم (S) القانون الأساسي للتحريك في حالة جسم صلب في دوران حول محور ثابت: $\ddot{\theta} \cdot \ddot{\theta} + \frac{m \cdot g \cdot d \cdot \sin \theta}{J_\Delta} = J_\Delta \cdot \ddot{\theta}$. مع $M_\Delta(\vec{R}) = 0$ لأن \vec{R} تلاقي المحور (Δ) .

حسب الشكل جانب: $-m \cdot g \cdot d \cdot \sin \theta = J_\Delta \cdot \ddot{\theta}$. ومنه: $M_\Delta(\vec{P}) = -m \cdot g \cdot d \cdot \sin \theta$

بالنسبة لزوايا الصغيرة يكون: $\sin \theta \approx \theta$ نحصل على: $\ddot{\theta} + \frac{m \cdot g \cdot d}{J_\Delta} \cdot \theta = 0$ وهي المعادلة التفاضلية.

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{J_\Delta}{m \cdot g \cdot d}} \quad \text{دورها الخاص:}$$



٤- النواس البسيط (وهو حالة خاصة للنواس البسيط) [خاص بـ (SP) و (SM)] :

أثناء الحركة تخضع المجموعة المدروسة { الكرية } إلى:

ـ وزن الكرية: \vec{P} . و توتر الخيط: \vec{T} .

نطبق على الكرية القانون الأساسي للتحريك في حالة دوران جسم صلب حول محور

ثابت: $J_\Delta \cdot \ddot{\theta} = m \cdot l^2$. مع $M_\Delta(\vec{P}) + M_\Delta(\vec{T}) = J_\Delta \cdot \ddot{\theta}$. نجد:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad \text{و} \quad \ddot{\theta} + \frac{g}{l} \cdot \theta = 0 \iff M_\Delta(\vec{P}) = -m \cdot g \cdot l \cdot \sin \theta \approx -m \cdot g \cdot l \cdot \theta = J_\Delta \cdot \ddot{\theta} = m \cdot l^2 \cdot \ddot{\theta}$$

• خمود الذبذبات - (جميع الشعب): الخمود صنفان:

• خمود صلب: يحدث بفعل تماس بين المتنبذب و جسم صلب حيث يتناقص الوسع خطيا.

• خمود مائع: يحدث بفعل تماس بين المتنبذب و جسم مائع .

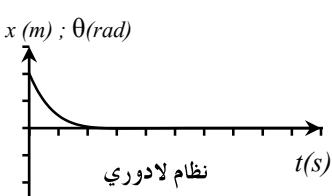
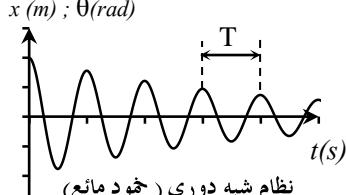
• أنظمة الخمود: ← نظام شبه دوري في حالة الخمود الضيف، و يكون $T \approx T_0$.

← نظام لادوري في حالة الخمود الحاد.

• الذبذبات القسرية و ظاهرة الرنين الميكانيكي:

• تنجز مجموعة ميكانيكية ذبذبات قسرية عندما يفرض مثير دوره على الجموعة المتنبذبة التي تسمى بالرنان.

• تحدث ظاهرة الرنين الميكانيكي عندما يقارب الدور T للذبذبات الدور الخاص T_0 للرنان. $T=T_0$.



المظاهر الطاقية

فيزياء 17

• شغل قوة ثابتة مطبقة على جسم صلب في إزاحة: $W_{AB}(\vec{F}) = \vec{F} \cdot \overrightarrow{AB} = F \cdot AB \cdot \cos \alpha$

• شغل قوة عزمها ثابت مطبقة على جسم صلب في دوران: $W(\vec{F}) = M_{\Delta}(\vec{F}) \cdot \Delta \theta$

◀ الدراسة الطاقية للنواس المرن:

$$W_{AB}(\vec{F}) = -\frac{1}{2} k (x_B^2 - x_A^2)$$

$$E_C = \frac{1}{2} m \cdot v^2$$

☞ شغل القوة المطبقة من طرف نابض على جسم صلب خلال انتقاله من A إلى B هو: $E_{pe} = \frac{1}{2} k \cdot x^2 + cte$

☞ تعبر الطاقة الحرارية للمجموعة { جسم صلب- نابض } هو: $E_m = E_C + E_{pe} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + \frac{1}{2} k \cdot x^2 + cte$

☞ ملاحظة: في غياب الاحتكاكات تبقى الطاقة الميكانيكية ثابتة: $E_m = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \frac{1}{2} k \cdot X_{max}^2$

☞ باشتغال تعبر الطاقة الميكانيكية نحو المعادلة التفاضلية: $\frac{dE_m}{dt} = \frac{dE_C}{dt} + \frac{dE_{pe}}{dt} = 0 \iff E_m = Cte$

☞ مع: $v = \frac{dx}{dt} = \dot{x}$ و $\frac{dv}{dt} = \ddot{x}$ يعني أن: $2 \times \frac{1}{2} m \cdot v \cdot \frac{dv}{dt} + 2 \times \frac{1}{2} k \cdot x \cdot \frac{dx}{dt} = 0$

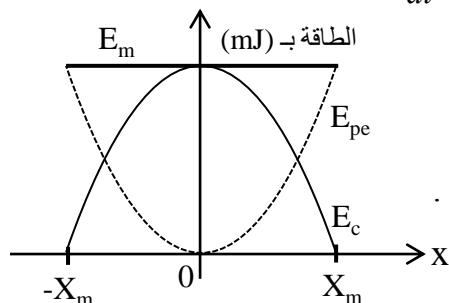
☞ يعني أن: $\frac{k}{m} \cdot x + \frac{k}{m} \cdot \dot{x} = 0$ وهي المعادلة التفاضلية للحركة.

• تغيرات الطاقة بدالة الأصول x بالنسبة للنواس المرن:

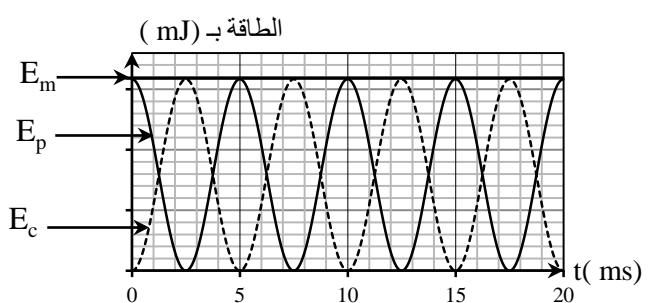
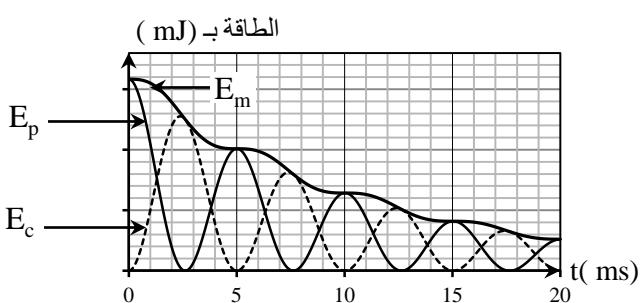
☞ تكون طاقة الوضع المرنة E_{pe} قصوى عند اللحظة $t=0$ أي عندما يكون: $x=X_m$.

☞ تكون الطاقة الحرارية E_c قصوى عندما يكون $x=0$.

• تغيرات الطاقة بدالة الزمن بالنسبة لجميع المتنبذبات:



$$E_p = (E_{pe}, E_{pt}, E_{pp})$$



الدراسة الطاقية لنواس اللي؛ خاص بـ SP و SM

يعبر عن شغل مزدوجة اللي عندما تتغير زاوية اللي من القيمة θ_1 إلى القيمة θ_2 هو: $W(M_T) = -\frac{1}{2}C \cdot (\theta_2^2 - \theta_1^2)$. C ثابتة في السلك.

تعبر الطاقة الحركية لنواس اللي هو: $E_C = \frac{1}{2}J_\Delta \cdot \dot{\theta}^2$

تعبر طاقة الوضع لنواس اللي هو: $E_{Pt} = \frac{1}{2}C \cdot \theta^2 + cte$

تعبر الطاقة الميكانيكية لنواس اللي هو: $E_m = E_C + E_{Pt} = \frac{1}{2}J_\Delta \cdot \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}C \cdot \theta^2 + cte$

ملاحظة: في غياب الاحتكاكات تبقى الطاقة الميكانيكية ثابتة: $E_m = \frac{1}{2}J_\Delta \cdot \dot{\theta}_{max}^2 = \frac{1}{2}C \cdot \theta_{max}^2$ تعبر السرعة القصوى هو: $\dot{\theta}_{max} = \theta_{max} \sqrt{\frac{C}{J_\Delta}}$

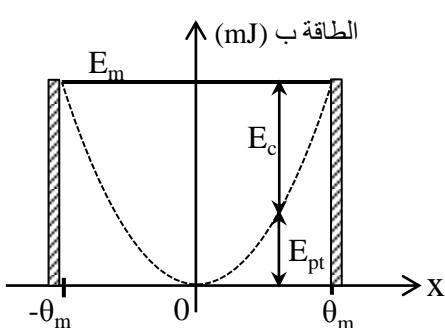
باشتقاء تعبر الطاقة الميكانيكية نحصل على المعادلة التفاضلية: $\frac{dE_m}{dt} = \frac{dE_C}{dt} + \frac{dE_{Pt}}{dt} = 0 \Leftrightarrow E_m = Cte$

يعنى أن: $J_\Delta \cdot \ddot{\theta} + C \cdot \theta = 0$ نجد: $\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt}$ و $\frac{d\dot{\theta}}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2} = \ddot{\theta}$ مع: $2 \times \frac{1}{2}J_\Delta \cdot \dot{\theta} \frac{d\dot{\theta}}{dt} + 2 \times \frac{1}{2}C \cdot \theta \cdot \frac{d\theta}{dt} = 0$

يعنى أن: $\frac{C}{J_\Delta} \cdot \theta + \ddot{\theta} = 0$ وهي المعادلة التفاضلية للحركة.

• تغيرات الطاقة بدلالة الأقصول الزاوي θ بالنسبة لنواس اللي:

تكون طاقة الوضع لـ E_{Pt} قصوى عند اللحظة $t=0$ أي عندما يكون: $\theta=\theta_m$. تكون الطاقة الحركية E_c قصوى عندما تكون 0 .



الدراسة الطاقية لنواس الوازن؛ خاص بـ SP و SM :

تعبر الطاقة الحركية لنواس الوازن هو: $E_C = \frac{1}{2}J_\Delta \cdot \dot{\theta}^2$

تعبر طاقة الوضع الثقالية لنواس الوازن هو: $E_{Pp} = \frac{1}{2}m \cdot g \cdot d \cdot \theta^2 + cte$

تعبر الطاقة الميكانيكية لنواس الوازن هو: $E_m = E_C + E_{Pp} = \frac{1}{2}J_\Delta \cdot \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}m \cdot g \cdot d \cdot \theta^2 + cte$

في غياب الاحتكاكات تبقى الطاقة الميكانيكية ثابتة: $E_m = \frac{1}{2}J_\Delta \cdot \dot{\theta}_{max}^2 = \frac{1}{2}m \cdot g \cdot d \cdot \theta_{max}^2$ تعبر السرعة القصوى هو: $\dot{\theta}_{max} = \theta_{max} \sqrt{\frac{mgd}{J_\Delta}}$

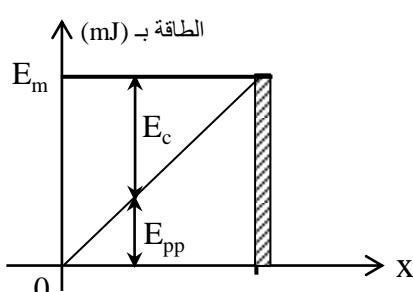
باشتقاء تعبر الطاقة الميكانيكية نحصل على المعادلة التفاضلية: $\frac{dE_m}{dt} = \frac{dE_C}{dt} + \frac{dE_{Pp}}{dt} = 0 \Leftrightarrow E_m = Cte$

يعنى أن: $J_\Delta \cdot \ddot{\theta} + m \cdot g \cdot d \cdot \theta = 0$ نجد: $\dot{\theta} = \frac{d\theta}{dt}$ و $\frac{d\dot{\theta}}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2} = \ddot{\theta}$ مع: $J_\Delta \cdot \dot{\theta} \frac{d\dot{\theta}}{dt} + m \cdot g \cdot d \cdot \theta \frac{d\theta}{dt} = 0$

يعنى أن: $\ddot{\theta} + \frac{m \cdot g \cdot d}{J_\Delta} \cdot \theta = 0$ وهي المعادلة التفاضلية للحركة.

• تغيرات الطاقة بدلالة الارتفاع z بالنسبة لنواس الوازن:

تكون طاقة الوضع الثقالية E_{Pp} قصوى عند اللحظة $t=0$ أي عندما يكون: $z=z_m$. تكون الطاقة الحركية E_c قصوى عندما تكون 0 .



تعبر طاقة الوضع الثقالية: $E_{Pp} = mg \cdot z = m \cdot g \cdot d \cdot (1 - \cos \theta) = \frac{1}{2}m \cdot g \cdot d \cdot \theta^2$ (بالنسبة لزوايا الصغيرة نستعمل التقرير التالي: $\cos \theta = 1 - \frac{\theta^2}{2}$)

ملاحظة؛ بالنسبة لنواس البسيط (حالة خاصة لنواس الوازن) نضع: $J_\Delta = m \cdot d^2$.

(حيث d طول الخيط و m كتلة الكرية).

بالنسبة لجميع المذبذبات. في أغلب الحالات نأخذ $cte=0$. (بالنسبة لطاقات الوضع).

شغل قوة أو مزدوجة يساوي مقابل تغير طاقة الوضع: $W = -\Delta E_p$

■ تكمية التبادلات الطافية: الطاقة المتبادلة ΔE بين المادة و إشعاع ضوئي لا يمكنها أن تأخذ إلا قيمًا محددة و منفصلة، نقول إن هذه الطاقة المتبادلة مكماة.

إذا كان v هو تردد إشعاع ضوئي، فإن التبادلات الطافية تكون مضاعفات لكم الطاقة $h\nu$ ؛ مع: v تردد الإشعاع بالهرتز (Hz) و $J.s^{-34}$ $h=6,626 \cdot 10^{-34} J.s$ ثابتة بلانك و ΔE بالجول (J).

■ تكمية مستويات الطاقة:

← تكون مستويات الطاقة للذرارات و الجزيئات و النوى مكماة.

← تأخذ مستويات الطاقة قيمًا محددة و متقطعة ترمز لها بـ E_p و E_n .

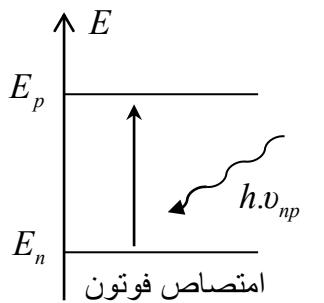
← يسمى المستوى ذي الطاقة الأصغر المستوى الأساسي و يوافق الحالة المستقرة.

← الانقال من مستوى طافي E_n إلى مستوى طافي E_p أكبر يصاحبه تغير للطاقة :

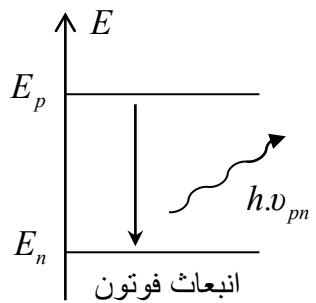
← لا يمكن ميكانيك نيوتن من تفسير مستويات الطاقة للذرارات.

■ أطيف الانبعاث والامتصاص:

□ انتقال الذرة أو الجزيئة أو النواة من مستوى طافي إلى مستوى طافي آخر يصاحبه إما اكتساب للطاقة أو فقدان للطاقة.



$$\Leftrightarrow h.v_{np} = h.v_{pn} \Leftrightarrow$$



□ يحدد تردد الفوتون المنبعث و تردد الفوتون الممتص بعلاقة بوهرين: $E_p - E_n = h.v_{pn} = h \frac{c}{\lambda_{pn}}$ سرعة انتشار الضوء في الفراغ $c=3 \cdot 10^8 m.s^{-1}$

• λ_{pn} : طول الموجة بالمتر (m).

• h : ثابتة بلانك (J.s) و E بالجول (J).

□ رتبة قدر التبادلات الطافية:

(MeV) بالنسبة للجزيء ◀

(eV) بالنسبة للذرة ◀

(meV) بالنسبة للنواة ◀

□ مخطط مستويات الطاقة لذرة الهيدروجين:

العدد n يسمى العدد الكمي.

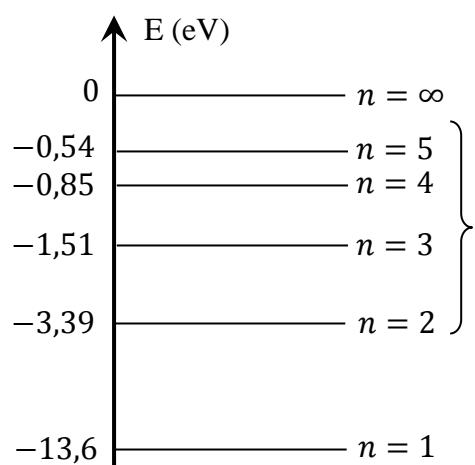
• $n=1$ يوافق المستوى الأساسي (الحالة المستقرة للذرة).

• $n > 1$ يوافق المستويات المثاررة.

• $n=\infty$ يوافق مستوى التأين (الإلكترون غير مرتبط بالذرة).

• الانقال هو المرور من حالة إلى حالة أخرى ذات مستوى طافي أكبر (إثارة) أو ذات مستوى طافي أصغر (فقدان الإثارة).

• نحصل على قيمة مستويات الطاقة باستعمال العلاقة: $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$ مع: $E_0=13,6 eV$



المول: هو كمية المادة المجموعة من المكونات الأساسية (ذرات أو جزيئات أو أيونات ...) و يساوي عدد الذرات الموجودة في 12g من الكربون C^{12} .

الوحدات + الملاحظات	العلاقة المعبرة	المقادير الفيزيائية المرتبطة بكميات المادة
$N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ثابتة أفراد	$n = \frac{N}{N_A}$	العلاقة بين كمية المادة n و عدد المكونات الأساسية N
(g.mol ⁻¹) و M بـ m	$n = \frac{m}{M}$	العلاقة بين كمية المادة n و الكتلة m و الكتلة المولية M
(cm ³) و m بـ g أو kg و V بـ L أو m ³	$\rho = \frac{m}{V}$	الكتلة الحجمية ρ لمادة (وحدتها kg.m ⁻³ أو g.L ⁻¹)
ρ الكتلة الحجمية و M الكتلة المولية	$n = \frac{\rho \cdot V}{M}$	العلاقة بين كمية المادة n و الحجم V لمحلول و الكتلة الحجمية
m_0 كتلة نفس الحجم من الماء بنفس وحدة m	$d = \frac{m}{m_0}$	كثافة جسم سائل أو صلب (m كتلة حجم من الجسم)
M الكتلة المولية للغاز بـ (g.mol ⁻¹)	$d = \frac{M}{29}$	كثافة غاز بالنسبة للهواء
V حجم المحلول بـ (L) و C بـ (mol.L ⁻¹)	$C = \frac{n}{V}$	العلاقة بين كمية المادة n و الحجم V لمحلول و التركيز C
P الضغط و V الحجم بـ (L) أو (m ³)	$P \cdot V = cte$	العلاقة بين الحجم و الضغط عند T=cte (قانون بويل ماريott)
n بالمول (mol) و T بالكلفين (K)	$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$	العلاقة بين الحجم و الضغط و كمية المادة و درجة الحرارة
V باللتر (L) و C بـ (mol.L ⁻¹)	$C_i \cdot V_i = C_f \cdot V_f$	علاقة التخفيف ($i =$ الحالة البدئية $f =$ الحالة النهائية)
V _m (L) و V بـ (L.mol ⁻¹)	$n = \frac{V}{V_m}$	العلاقة بين الحجم و الحجم المولي و كمية المادة

الجدول الوصفي

A و B متفاعلان ، و C و D ناتجاً التفاعل. (a و b و c و d معاملات ستوكيمترية)

المعادلة الكيميائية		$a A + b B \rightleftharpoons c C + d D$			
حالة المجموعة	تقدم التفاعل	كميات المادة بالمول (mol)			
الحالة البدئية	0	$n_i(A)$	$n_i(B)$		0
الحالة الوسيطة	x	$n_i(A) - a.x$	$n_i(B) - b.x$		$c.x$
الحالة النهائية النظرية	x_{max}	$n_i(A) - a.x_{max}$	$n_i(B) - b.x_{max}$		$c.x_{max}$
الحالة النهائية الفعلية	x_f	$n_i(A) - a.x_f$	$n_i(B) - b.x_f$		$c.x_f$
					$d.x_f$

▪ تفاعلات أكسدة اختزال:

- ☞ **المؤكسد**: نوع كيميائي قادر على اكتساب إلكترون (e⁻) أو أكثر. (أمثلة: I⁻ ، Cl⁻ ، Zn²⁺ ، Cu²⁺).
- ☞ **المختزل**: نوع كيميائي قادر على فقدان إلكترون (e⁻) أو أكثر. (أمثلة: I⁻ ، Cl⁻ ، Zn²⁺ ، Cu²⁺).
- ☞ **الأكسدة**: تفاعل كيميائي يؤدي إلى تكون المؤكسد. (أمثلة: 2I⁻ ⇌ I₂ + 2e⁻ ، Cu ⇌ Cu²⁺ + 2e⁻).
- ☞ **الاختزال**: تفاعل كيميائي يؤدي إلى تكون المختزل. (أمثلة: I₂ + 2e⁻ ⇌ 2I⁻ ، Cu²⁺ + 2e⁻ ⇌ Cu).
- بصفة عامة، تكتب نصف المعادلة الإلكترونية على شكل: Ox = مؤكسد و Red = مختزل.

☜ التفاعل أكسدة-اختزال:

- هو انتقال إلكترونات من مختزل Red₁ لمزدوجة Ox₁/Red₁ إلى مؤكسد Ox₂ لمزدوجة أخرى Red₂.
- لكتابة المعادلة الحصيلة لتفاعل أكسدة - اختزال يجب إقصاء الإلكترونات :



▪ تحولات كيميائية سريعة و تحولات كيميائية بطئية:

- ◊ التحولات السريعة هي التي تحدث في وقت وجيز جدا (أصغر من 0,1s) بحيث لا يمكن تتبع تطورها بالعين أو بأجهزة القياس.
- ☞ **أمثلة**: تفاعلات الانفجار + احتراق الشهب الناري + أغلب التحولات حمض قاعدة.
- ◊ التحولات البطئية هي التي يمكنك تتبع تطورها بالعين المجردة أو بأجهزة القياس (من عدة ثوان إلى عدة ساعات).
- ☞ **أمثلة**: تكون الصدأ (أكسدة الحديد) + تفاعلات الأسترة و الحلمة + أكسدة أيونات يودور بالماء الأوكسيجيني.

▪ التتبع الزمني لتحولات بطئية

☞ لتبّع تطور تحول ينتج غازا يمكن:

- ← قياس حجم الغاز المتتصاعد، فوق حوض من الماء.
- ← إنجاز التحول في إناء مغلق، و بواسطة مقياس الضغط نتتبع ارتفاع الضغط.
- ← إنجاز التحول في إناء مفتوح موضوع فوق ميزان ، ثم نتتبع انخفاض الكثافة التي توافق تصاعد الغاز.
- ☞ لتبّع تحول في محلول تتدخل فيه أيونات يمكن:
- ← دراسة تغيرات موصلية محلول بواسطة مقياس المواصلة.
- ← قياس pH محلول عندما تتدخل أيونات H₃O⁺ أو OH⁻.
- ☞ يمكن معايرة أحد النواتج أو أحد المتفاعلات عند مجالات زمنية محددة.
- ☞ إذا كان أحد المتفاعلات أو النواتج ملونا ، يمكن تتبع التحول بواسطة مستضو طيفي.

▪ العوامل الحركية:

- العامل الحركي هو كل مقدار يمكنه أن يؤثر على سرعة التحول.
- ◀ تزداد سرعة تحول كيميائي كلما كان التركيز البديئي لمتفاعله واحد أو لعدة متفاعلات أكبر.
- ◀ تزداد سرعة تحول كيميائي مع ارتفاع درجة حرارة المجموعة الكيميائية.

◊ تطبيق للعوامل الحركية:

- ◊ خفض سرعة التفاعلات: يحفظ المواد الغذائية (لحوم ، أسماك ، خضر ، ...) داخل الثلاجة قصد إبطاء تفاعلات التحلل. (بين 0 و 10°C). و يدوم حفظها أكثر في المجمد حيث تكون درجة الحرارة في حدود 18°C .
- ◊ تسريع التفاعلات: يكون طبخ الطعام أسرع في طنجرة الضغط، حيث يمكن أن تتعدد درجة الحرارة 110°C ، بينما في قدرى عادي يتbx الماء عند 100°C .

▪ التتابع الزمني لتحول كيميائي:

الحركية الكيميائية هي دراسة التطور الزمني لتفاعل كيميائي . و تهدف بالخصوص إلى تحديد تقدم التفاعل بدلالة الزمن $x=f(t)$ و لهذا الغرض نستعمل طرق فيزيائية و أخرى كيميائية.

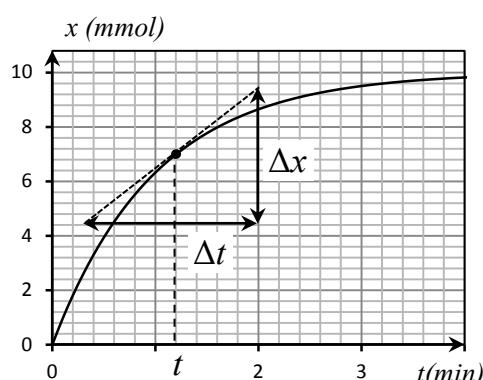
- ❖ طرق فيزيائية : كقياس الموصولة و قياس الطيف الضوئي و قياس الضغط و قياس الحجم و قياس الكثافة و قياس pH ...
- ❖ طرق كيميائية : تتركز هذه الطرق على معايرة أحد الأنواع الكيميائية خلال التفاعل.

- نربط المقدار المقاس (σ , P , V , m , pH ...) بتقدم التفاعل (t) ثم ندرس التطور الزمني لهذا الأخير و نستنتج تركيب المجموعة الكيميائية عند كل لحظة . و ذلك بالاعتماد أيضا على الجدول الوصفي.

▪ السرعة الحجمية لتفاعل كيميائي:

- نعبر عن السرعة الحجمية v لتفاعل ، عند اللحظة t بالعلاقة التالية :

$$\left. \begin{array}{l} v = \frac{1}{V} \cdot \frac{dx}{dt} \\ \text{حيث } \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{السرعة الحجمية للتفاعل بـ } mol \cdot L^{-1} \cdot min^{-1} \text{ أو بـ } mol \cdot m^{-3} \cdot s^{-1} \\ V : \text{حجم محلول بـ L أو } m^3 \\ dx/dt : \text{مشتقة تقدم التفاعل بالنسبة للزمن عند اللحظة } t \end{array}$$



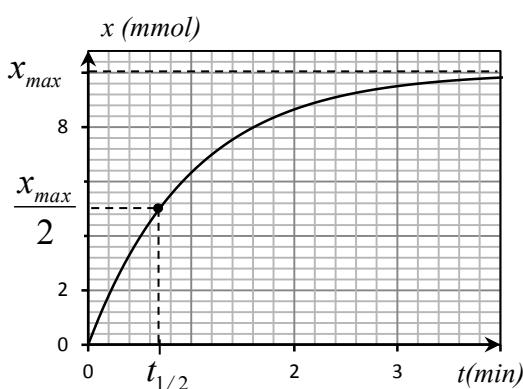
- يتم تحديد السرعة الحجمية مبانيًا بحساب قيمة المعامل الموجّه dx/dt لمحاس منحنى $x(t)$ عند لحظة t ثم قسمتها على حجم الخليط V .

$$v = \frac{1}{V} \cdot \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

- في أغلب الحالات تتناقص السرعة الحجمية مع الزمن ، و ذلك راجع إلى تناقص تركيز المتفاعلات.

مثال : في المنحنى جانبه حجم محلول هو $0,1\text{L}$ ، قيمة السرعة الحجمية

$$v = \frac{1}{0,1} \times \frac{9,4 - 4,4}{2 - 0,3} = 29,4 \text{ mmol} \cdot L^{-1} \cdot min^{-1}$$



▪ زمن نصف التفاعل:

- زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ هو المدة الزمنية اللازمة لكي يصل

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_f}{2}$$

- في حالة تفاعل كلي يكون $x_f = x_{max}$ ومنه :

$$x(t_{1/2}) = \frac{x_{max}}{2}$$

- مبنياً، نحدد قيمة التقدم الأقصى x_{max} بخط مقارب المنحنى ($x(t)$) ،

و يمثل أقصى الارتفاع $\frac{x_{max}}{2}$ زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$. (مثال : بالنسبة لهذه الحالة $t_{1/2} = 0,7 \text{ min}$).

▪ التفسير الميكروسكوبى: (خاص بـ SP و SM).

- تتعلق سرعة تحول كيميائي بتردد التصادمات الفعالة. حيث كلما كان التردد كبيراً، كان التحول أسرع.

◀ تأثير التركيز البديهي للمتفاعلات: كلما كان عدد الجزيئات في وحدة الحجم كبيراً ، كان تردد التصادمات كبيرة مؤديا بذلك إلى ارتفاع سرعة التفاعل.

◀ مفعول درجة الحرارة: كلما كانت درجة الحرارة مرتفعة، يزداد الارتجاج الحراري فيكبر عدد تردد التصادمات الفعالة وبالتالي يكون التحول أسرع.

• التفاعلات الحمضية القاعدية:

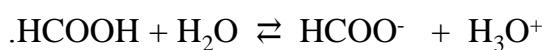
- **الحمض** حسب برونشت، نوع كيميائي قادر على فقدان بروتون (H^+). (أمثلة: H_3O^+ , H_2O , CH_3COOH , $HCOOH$).
- **القاعدة** حسب برونشت، نوع كيميائي قادر على اكتساب بروتون (H^+). (أمثلة: CH_3COO^- , $HCOO^-$, H_2O , HO^-).
- ❖ **الأمفوليت**: نوع كيميائي يلعب دور حمض أو قاعدة حسب الظروف التجريبية. (مثال: الماء H_2O).
- ❖ يكون الحمض HA و القاعدة A^- مزدوجة قاعدة/حمض نرمز لها بـ $HA \rightleftharpoons A^- + H^+$.

• بصفة عامة، تكتب نصف المعادلة حمض - قاعدة على شكل: $HA \rightleftharpoons A^- + H^+$

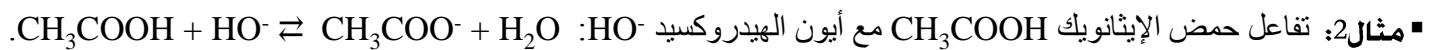


• التفاعل حمض-قاعدة:

⇨ هو تبادل بروتوني بين حمض المزدوجة $- HA_1 / A_1^-$ و قاعدة المزدوجة $- HA_2 / A_2^-$:



• مثال 1: تفاعل حمض الميثانويك $HCOOH$ مع الماء H_2O



⇨ محلول مائي وقياسه:

⇨ يعرف pH محلول مائي مخفف بالعلاقة: $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ مقدار بدون وحدة (pH)

⇨ $[H_3O^+]$ عدد يمثل تركيز أيون الأوكسونيوم عبر عنه بالوحدة mol.L⁻¹

⇨ يقاس pH محلول باستعمال: الكواشف الملونة، أو بواسطة ورق pH ، أو باستعمال جهاز pH-متر الذي يعطي أدق القيم.

• نسبة التقدم النهائي لتحول كيميائي:

نسبة التقدم النهائي τ لتفاعل كيميائي هي خارج قسمة التقدم النهائي x_f على التقدم الأقصى x_{max} لهذا التفاعل :

⇨ وحدة كل من x_f و x_{max} هي المول (mol) و بالتالي τ بدون وحدة. (يمكن التعبير عنها بنسبة مئوية).

⇨ إذا كان $1 < \tau$ (أي $x_f < x_{max}$) يكون التحول محدوداً (غير كلي).

⇨ إذا كان $1 = \tau$ (أي $x_f = x_{max}$) يكون التحول كلياً.

⇨ ملاحظة: لحساب قيمة τ يجب كتابة معادلة التفاعل و إنشاء الجدول الوصفي ثم إيجاد العلاقة بين x_f و pH أو بين x_f و σ ؛

مثال: تحضر بالتخفيض حجما V من محلول حمض الإيثانويك تركيزه C=0,10 mol.L⁻¹ و له pH=2,9 عند 25°C .

المعادلة الكيميائية		$CH_3COOH_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightarrow CH_3COO^-_{(aq)} + H_3O^+_{(aq)}$						معادلة التفاعل + الجدول الوصفي:
حالة المجموعة	تقدم التفاعل	كميات المادة بالمول (mol)						
الحالة البدئية	0	C.V	وافر			0	0	
الحالة الوسيطة	x	CV - x	وافر			x	x	
الحالة النهائية	x_f	$CV - x_f$	وافر			x_f	x_f	

$$\tau = \frac{x_f}{x_{max}} = \frac{n_f(H_3O^+)}{C.V} = \frac{[H_3O^+].V}{C.V} = \frac{10^{-pH}}{C} = \frac{10^{-2,9}}{0,10} = 0,013 = 1,3\%$$

⇨ بما أن $1 < \tau$ فإن التحول محدود.

• التفاعلات التي تحدث في المنحنيين:

يقرن بكل تحول كيميائي محدود، تفاعل يتم في المنحنيين معادلته ، بصفة عامة: $A + B \rightleftharpoons C + D$

عندما يحدث تحول كيميائي محدود، تكون الحالة النهائية للمجموعة حالة توازن كيميائي.

عند التوازن، تبقى تراكيز المتفاعلات و النواتج ثابتة، و على المستوى الميكروسكوبى يتم التفاعل في المنحنيين بنفس السرعة.

خارج التفاعل:

نعتبر التحول المحدود في محلول مائي و المعبر عنه بالمعادلة :

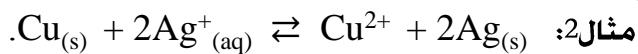
حيث A و B و C و D أنواع كيميائية مذابة محلول مائي.

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

يعبر عن خارج التفاعل Q_r في حالة معينة بالعلاقة التالية:
خارج التفاعل Q_r مقدار بدون وحدة.

- يمثل الماء (كمذيب) والأجسام الصلبة في تعبير Q_r بالعدد 1.

- يتعلق خارج التفاعل بمنحي كتابة معادلة التفاعل.



$$Q_r = \frac{[\text{Cu}^{2+}]}{[\text{Ag}^{+}]^2}$$



$$Q_r = \frac{[\text{HCOO}^{-}] \cdot [\text{H}_3\text{O}^{+}]}{[\text{HCOOH}]}$$

موصليات محلول إلكتروليتي:

يعبر عن موصليات محلول إلكتروليتي مخفف عند حالة التوازن بالعلاقة:

σ_{eq} بـ $(\text{mol} \cdot \text{m}^{-3})$ ؛ λ_{X_i} الموصليات المولية الأيونية للأيون X_i بـ $(\text{S} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1})$ ؛ $[X_i]$ تركيز الأيون X_i بـ $(\text{mol} \cdot \text{m}^{-3})$.

- خارج التفاعل عند التوازن = ثابتة التوازن:

ثابتة التوازن K هي القيمة التي يأخذها خارج التفاعل $Q_{r,eq}$ عند حالة التوازن الكيميائي:

- تتعلق قيمة ثابتة التوازن K فقط بطبيعة المتفاعلات و درجة الحرارة.

- K مقدار بدون وحدة.

- كميات المادة لا تتطور عند تحقق حالة توازن المجموعة، في هذه الحالة تكون المجموعة في توازن ديناميكي.

مثال: نحضر حجما V=100 mL من محلول حمض الميثانويك تركيزه $C=2,5 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ ، أعطى قياس موصليات محلول عند التوازن القيمة $\sigma_{eq}=2,75 \cdot 10^{-2} \text{ S} \cdot \text{m}^{-1}$. احسب قيمة كل من ثابتة التوازن K و نسبة التقدم النهائي α ثم استنتج.

نعطي:

$$\lambda_{\text{HCOO}^{-}} = 5,46 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\lambda_{\text{H}_3\text{O}^{+}} = 35 \text{ mS} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mol}^{-1}$$

المعادلة الكيميائية		$\text{HCOOH}_{(aq)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow \text{HCOO}^{-}_{(aq)} + \text{H}_3\text{O}^{+}_{(aq)}$					
حالة المجموعة	تقدّم التفاعل	كميات المادة بالمول (mol)					
الحالة البدئية	0	$C \cdot V$	وافر		0	0	
حالة التوازن	x_f	$CV - x_f$	وافر		x_f	x_f	

لدينا: $\sigma_{eq} = \lambda_{\text{HCOO}^{-}} \cdot [\text{HCOO}^{-}]_{eq} + \lambda_{\text{H}_3\text{O}^{+}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^{+}]_{eq}$ و من جهة أخرى: $K = Q_{r,eq} = \frac{[\text{HCOO}^{-}]_{eq} \cdot [\text{H}_3\text{O}^{+}]_{eq}}{[\text{HCOOH}]_{eq}}$

حسب الجدول الوصفي: $K = \frac{x_{eq}^2}{(C \cdot V - x_{eq}) \cdot V}$ و $[\text{HCOO}^{-}]_{eq} = [\text{H}_3\text{O}^{+}]_{eq} = \frac{x_{eq}}{V}$

ومن جهة أخرى: $x_{eq} = \frac{\sigma_{eq} \cdot V}{\lambda_{\text{HCOO}^{-}} + \lambda_{\text{H}_3\text{O}^{+}}}$ أي: $\sigma_{eq} = (\lambda_{\text{HCOO}^{-}} + \lambda_{\text{H}_3\text{O}^{+}}) \cdot \frac{x_{eq}}{V}$

نجد: $K = 2,5 \cdot 10^{-4}$ و $\tau = \frac{x_{eq}}{x_{max}} = \frac{6,8 \cdot 10^{-5}}{2,5 \cdot 10^{-3} \times 0,1} = 0,26 = 26\%$ بما أن $\tau < 1$ فإن التحول محدود.

نسبة التقدم النهائي لتفاعل:

- تتعلق نسبة التقدم النهائي α لتفاعل محدود بثابتة التوازن K وبالحالة البدئية للمجموعة الكيميائية.

- كلما كان محلول مخففا (تركيزه ضعيف)، تكون نسبة التقدم النهائي لتفاعلاته مع الماء كبيرة. وبالتالي يتفاوت الحمض أكثر.

المحلول المائي:

التحلل البروتوني الذاتي للماء هو تفاعل حمض - قاعدة ، معادلته: $\text{H}_2\text{O}_{(\ell)} + \text{H}_2\text{O}_{(\ell)} \rightleftharpoons \text{H}_3\text{O}^{+}_{(\text{aq})} + \text{HO}^{-}_{(\text{aq})}$

تسمى ثابتة التوازن المقرونة بالتحلل البروتوني الذاتي للماء بالجذاء الأيوني للماء، نرمز لها بـ K_e . حيث:

$$pK_e = -\log K_e \quad K_e = [\text{HO}^-]_{\text{eq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}$$

تتعلق pK_e و K_e بدرجة الحرارة فقط. عند 25°C لدينا: $K_e = 10^{-14}$ و $pK_e = 14$.

التحلل البروتوني الذاتي للماء تفاعل محدود جدا.

المحلول الحمضي والمحلول القاعدي والمحلول المحايد:

يكون محلول حمسيًا إذا كان $pH < \frac{pK_e}{2}$ ، أي: $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} > [\text{HO}^-]_{\text{eq}}$

يكون محلول قاعديًا إذا كان $pH > \frac{pK_e}{2}$ ، أي: $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} < [\text{HO}^-]_{\text{eq}}$

يكون محلول محايديًا إذا كان $pH = \frac{pK_e}{2}$ ، أي: $[\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}} = [\text{HO}^-]_{\text{eq}}$

ثابتة الحمضية لمزدوجة قاعدة / حمض HA/A^- :

ثابتة الحمضية K_A لمزدوجة A^-/HA هي ثابتة التوازن الموافقة لمعادلة حمض المزدوجة مع الماء:

$$K_A = 10^{-pK_A} \quad \text{أو:} \quad pK_A = -\log K_A \quad \text{و:} \quad K_A = \frac{[\text{A}^-]_{\text{eq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{HA}]_{\text{eq}}} \leftarrow \text{HA}_{(\text{aq})} + \text{H}_2\text{O}_{(\ell)} \rightleftharpoons \text{A}^-_{(\text{aq})} + \text{H}_3\text{O}^{+}_{(\text{aq})}$$

$$\text{العلاقة بين pH و } pK_A \text{ هي: } pH = pK_A + \log \left(\frac{[\text{A}^-]_{\text{eq}}}{[\text{HA}]_{\text{eq}}} \right)$$

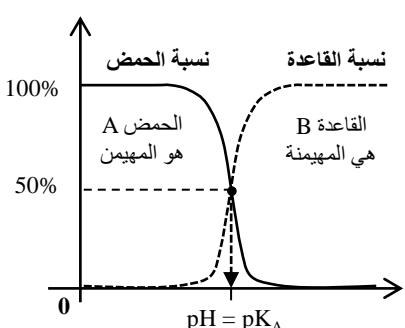
تمكن هذه العلاقة من تحديد مجال هيمنة كل من الحمض و قاعدته المرفقة في محلول مائي:

إذا كان: $pH < pK_A$ فإن: $[\text{HA}]_{\text{eq}} > [\text{A}^-]_{\text{eq}}$ \leftarrow الحمض HA هو المهيمن.

إذا كان: $pH > pK_A$ فإن: $[\text{HA}]_{\text{eq}} < [\text{A}^-]_{\text{eq}}$ \leftarrow القاعدة A^- هي المهيمنة.

إذا كان: $pH = pK_A$ فإن: $[\text{HA}]_{\text{eq}} = [\text{A}^-]_{\text{eq}}$ \leftarrow الحمض لا يهيمن أي نوع.

سلوك الأحماض والقواعد في محلول مائي:



بالنسبة لمحاليل مائية لأحماض ذات التركيز نفسه، كلما كان pH محلول ضعيفًا أي كلما كانت الثابتة pK_A ضعيفة،

تكون نسبة التقدم النهائي τ للتفاعل أكبر، أي تفكك الحمض أكثر. (تبين أن: $\tau = \frac{10^{-pH}}{C}$)

بالنسبة لمحاليل مائية لقواعد ذات التركيز نفسه، كلما كان pH محلول كبيرًا أي كلما كانت الثابتة pK_A كبيرة، تكون نسبة التقدم النهائي τ للتفاعل أكبر، وبالتالي تزداد قابلية اكتساب القاعدة للبروتون. (تبين أن: $\tau = \frac{K_e}{10^{-pH} \cdot C}$)

ثابتة التوازن المقرونة بتفاعل حمض - قاعدة:

نعتبر التفاعل بين حمض المزدوجة $\text{A}_1\text{H}_{(\text{aq})} + \text{A}_2^-_{(\text{aq})} \rightleftharpoons \text{A}_1^-_{(\text{aq})} + \text{A}_2\text{H}_{(\text{aq})}$ و قاعدة المزدوجة $\text{A}_2\text{H}/\text{A}_1^-$:

$$K = 10^{(pK_{A2} - pK_{A1})} \quad \text{أي:} \quad K_A = \frac{[\text{A}_1^-]_{\text{eq}} \cdot [\text{HA}_2]_{\text{eq}}}{[\text{A}_2^-]_{\text{eq}} \cdot [\text{HA}_1]_{\text{eq}}} = \frac{[\text{A}_1^-]_{\text{eq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]_{\text{eq}}}{[\text{HA}_1]_{\text{eq}}} \times \frac{[\text{HA}_2]_{\text{eq}}}{[\text{A}_2^-]_{\text{eq}} \cdot [\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{K_{A1}}{K_{A2}}$$

الكاشف الملون:

الكاشف الملون الحمضي القاعدي مزدوجة قاعدة / حمض، نرمز لها بـ HInd/Ind^- ، بحيث يكون للشكليين الحمضي HInd و القاعدي Ind^- لوانان مختلفان في محلول مائي.

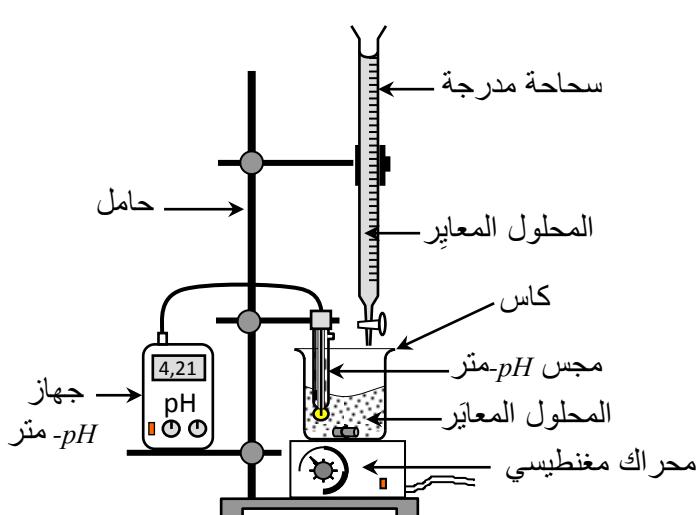
بالنسبة للمجال $pK_{\text{A,ind}} + 1 < pH < pK_{\text{A,ind}}$ ، المسمى منطقة الانعطاف، يكون تركيز الشكليين الحمضي و القاعدي متقاربين و بالتالي يأخذ محلول لونا وسيطيا يسمى اللوينة الحساسة للكاشف الملون.

✓ المعايرة الحمضية- القاعدية:

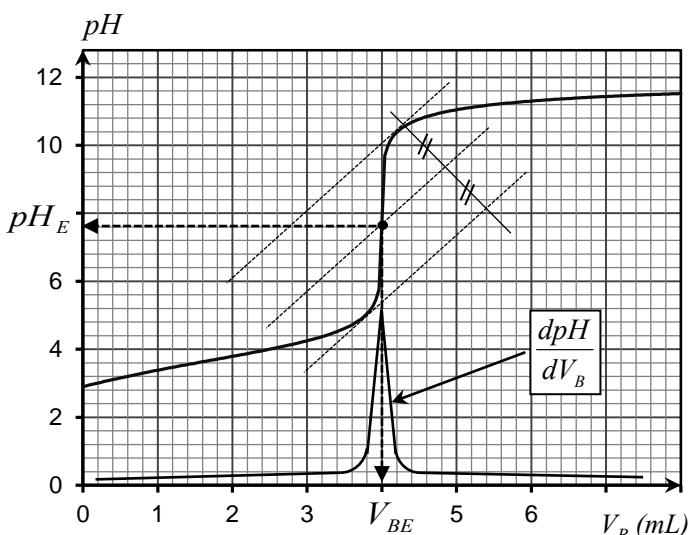
- ☞ معايرة حمض أو قاعدة هي تحديد تركيز الحمض أو القاعدة عن طريق تفاعل حمض - قاعدة يسمى تفاعل المعايرة. مميزاتها:
 - ← تفاعل كلي : يتوقف باختفاء كلي لأحد المتفاعلين على الأقل. أي: $\tau = 1$.
 - ← تفاعل سريع : يتوقف بعد مدة زمنية قصيرة من حدوثه.
 - ← تفاعل انتقائي : يتفاعل النوع المعاير مع النوع المعاير فقط.
- نحصل على التكافؤ عند مزج النوعين المعاير (تركيزه معروف) و المعاير (تركيزه مجهول) بنسب موافقة للمعاملات التناصية:
- علاقة التكافؤ : $C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_B$

⇨ طرق تحديد التكافؤ:

نعلم التكافؤ بالتغيير المفاجئ للمميزة الفيزيائية خلال التفاعل، كلون محلول، أو pH محلول، أو الموصلية.



بيانة التركيب التجاري لإنجاز معايرة حمضية- قاعدية بقياس pH



طريقة الماسات المتوازية + طريقة الاستدراق:
إحداثيات نقطة التكافؤ هي: $pH_E = 7,6$ و $V_{BE} = 4mL$

■ المعايرة الملوانية (المعايرة باستعمال كاشف ملون):

- الكاشف الملون الملائم لمعايرة حمضية قاعدية هو الذي تضم منطقة انعطافه قيمة pH الخلط عند التكافؤ pH_E .

التطور التلقائي لمجموعة كيميائية

كيمياء 6

⇨ خارج التفاعل (تذكير):

نعتبر التفاعل المعبر عنه بالمعادلة التالية: $a A_{(aq)} + b B_{(aq)} \xrightleftharpoons[②]{①} c C_{(aq)} + d D_{(aq)}$

$$Q_{r,i} = \frac{[C]_i^c \cdot [D]_i^d}{[A]_i^a \cdot [B]_i^b}, \text{ و عند اللحظة البدئية } t \text{ بالعلاقة: } Q_r = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

⇨ خارج التفاعل مقدار بدون وحدة. و لا يمثل الماء (كمذيب) والأجسام الصلبة في تعبير Q_r و $Q_{r,i}$.

⇨ معيار التطور التلقائي:

لتوقع منحى التطور التلقائي لمجموعة كيميائية، نستعمل كمعيار، مقارنة خارج التفاعل $Q_{r,i}$ مع ثابتة التوازن K . نميز 3 حالات.

$Q_{r,i} < K$: تتطور المجموعة في المنحى المباشر (المنحى 1)

$Q_{r,i} > K$: تتطور المجموعة في المنحى المعاكس (المنحى 2)

$Q_{r,i} = K$: لا تتطور المجموعة عيانياً، و توجد في حالة توازن ديناميكي.

الانتقال التلقائي للإلكترونات:

عندما تكون الأنواع الكيميائية لمزدوجتين مختزل/مؤكسد مختلطة (في نفس الكأس) يتم الانتقال التلقائي للإلكترونات مباشرة. وعندما تكون هذه الأنواع منفصلة يتم الانتقال بطريقة غير مباشرة وذلك عبر دارة خارجية.

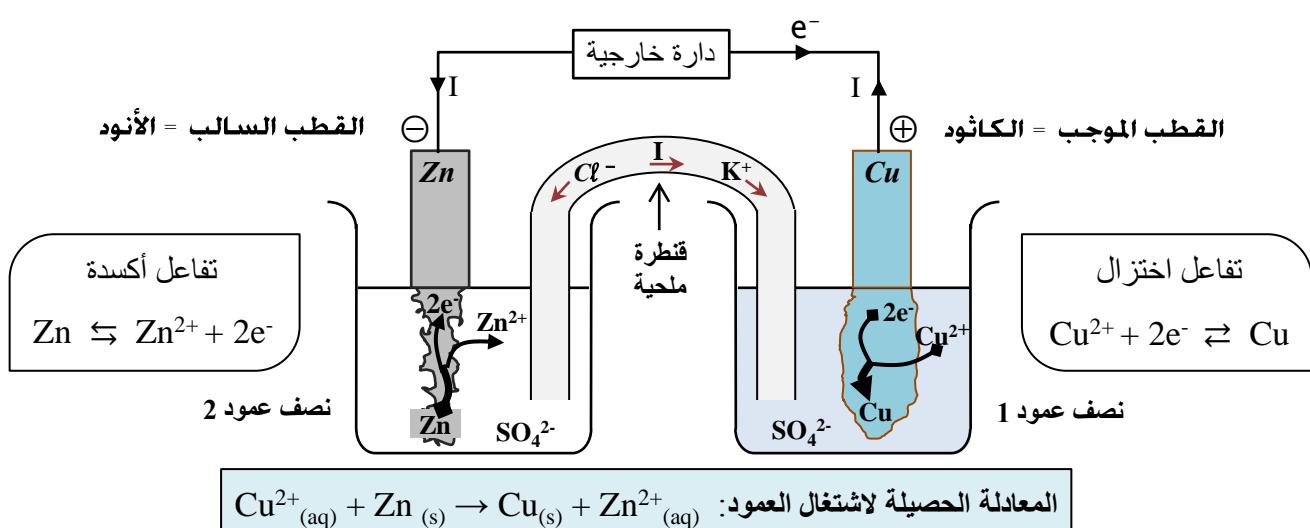
مكونات عمود كهربائي:

يتكون العمود من مقصورتين تسميان نصف العمود.

يرتبطا نصفا العمود بقطرة محلية، دورها: **C** تحقيق الحيد الكهربائي للمحلولين في نصفي العمود. **C** توصيل التيار الكهربائي داخل العمود، نتيجة انتقال الأيونات عبرها.

يتكون كل نصف عمود من صفيحة فلز M مغمورة في محلول للكاتيونات M^{n+} . تسمى الصفيحة الفلزية إلكترودا. ← العمود ثانوي قطب يحول طاقة كيميائية إلى طاقة كهربائية يمنحها لدارة خارجية.

كيفية وبدأ اشتغال عمود (مثال عمود زنك - نحاس):



أثناء اشتغال العمود يمر تيار كهربائي في الدارة الخارجية من صفيحة النحاس نحو صفيحة الزنك، و بما أن الإلكترونات لها منحي معاكس لمنحي التيار الكهربائي فإنها إذن تمر من صفيحة الزنك نحو صفيحة النحاس.

تحرر الإلكترونات بسبب أكسدة فلز الزنك $\text{Zn}_{(\text{s})}$ و تحوله إلى أيونات الزنك $\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})}$ حسب المعادلة: $\text{Zn} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$. تستهلك الإلكترونات التي تصل إلى صفيحة النحاس بسبب اختزال أيونات النحاس $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ و تحولها إلى فلز النحاس $\text{Cu}_{(\text{s})}$ حسب المعادلة: $\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightleftharpoons \text{Cu}$.

يسمى الإلكترود الذي تحدث عنده الأكسدة أنودا و يمثل القطب السالب Θ. (صفيحة الزنك).

يسمى الإلكترود الذي يحدث عنده الاختزال كاثودا و يمثل القطب الموجب Φ. (صفيحة النحاس).

تمثيل عمود: يمثل العمود المكون من المزدوجتين $\text{M}_1^{a+}_{(\text{aq})}/\text{M}_{1(\text{s})}$ و $\text{M}_2^{b+}_{(\text{aq})}/\text{M}_{2(\text{s})}$ بالرمز:

(Θ $\text{Zn}_{(\text{s})}/\text{Zn}^{2+}_{(\text{aq})}$ // $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}/\text{Cu}_{(\text{s})}$) : (مثال لعمود «دانيل»: Φ $\text{M}_{1(\text{s})}/\text{M}_1^{a+}_{(\text{aq})}$ // $\text{M}_2^{b+}_{(\text{aq})}/\text{M}_{2(\text{s})}$ Θ)

أثناء الاستعمال، يكون العمود عبارة عن مجموعة كيميائية في غير حالة التوازن: $K_r < K$.

عند التوازن يكون $K_r = K$ ، لا يولد العمود تيارا كهربائيا: $I_{eq} = 0$ و $E = 0$. في هذه الحالة نقول أن العمود مُستهلك.

كمية الكهرباء المنوحة من طرف عمود:

كمية الكهرباء Q المنوحة من طرف عمود أثناء اشتغاله تساوي القيمة المطلقة للشحنة الكلية للإلكترونات المتبادلة:

$$\left. \begin{array}{l} Q \text{ بالكيلوم (C)} \\ \text{العمود بالثانية (s)} \\ \text{بالمول (mol)} \end{array} \right\} \text{كمية مادة الإلكترونات المتبادلة} \quad n(e^-) = \frac{I \cdot \Delta t}{F} \quad \leftarrow \quad Q = n(e^-) \cdot F = I \cdot \Delta t$$

$F=96500 \text{ C.mol}^{-1}$ تسمى ثابتة فراداي

١ التحولات القسرية:

- ★ لإنجاز تحول قسري ، يجب منح طاقة للمجموعة الكيميائية بواسطة جهاز خارجي ، حيث يجبرها على التطور في المنحى المعاكس لمنحي التطور التلقائي.

★ خلال تحول قسري يبتعد خارج التفاعل Q_r عن ثابتة التوازن K . (عكس التحول التلقائي)

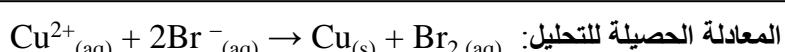
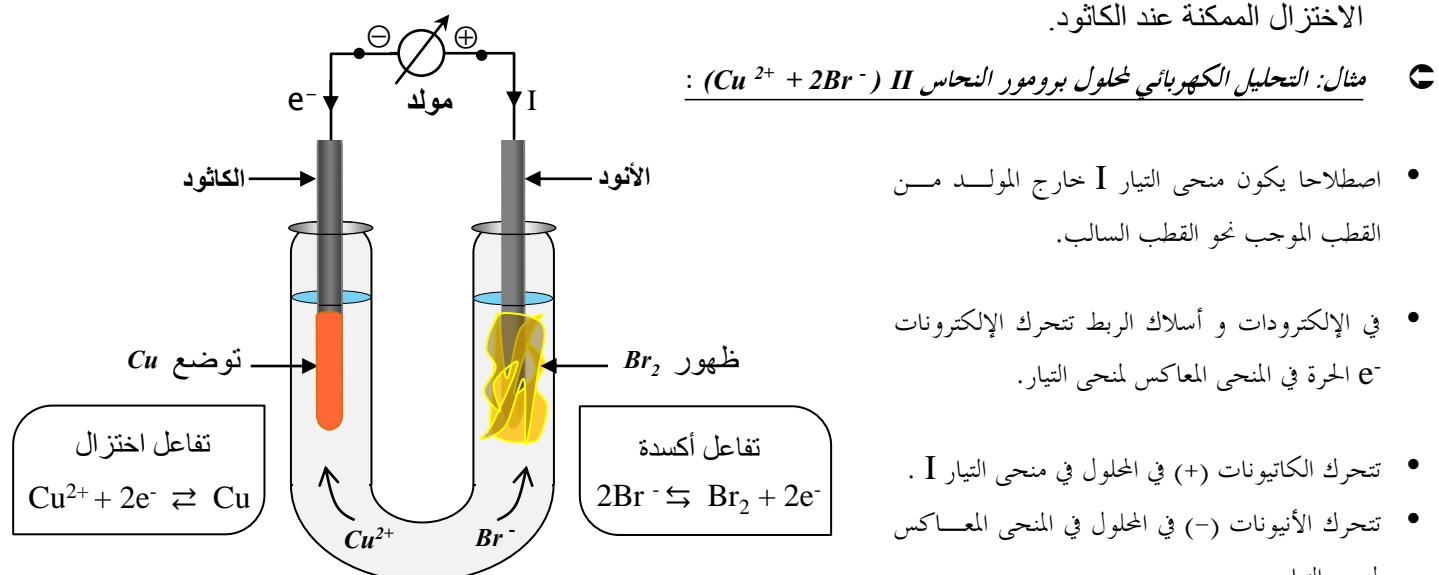


٢ التحليل الكهربائي:

- التحليل الكهربائي تحول قسري ناتج عن مرور تيار كهربائي مفروض من طرف مولد لتوتر مستمر.
- يمنح المولد الطاقة الكهربائية اللازمة للمجموعة لإرغامها على التطور في المنحى المعاكس لمنحي التطور التلقائي.

التفاعلات عند الإلكترودين:

- بجوار الإلكترون المرتبط بالقطب الموجب للمولد يحدث تفاعل أكسدة ، و نسمى هذا الإلكترون أندود (anode).
- بجوار الإلكترون المرتبط بالقطب السالب للمولد يحدث تفاعل اختزال ، و نسمى هذا الإلكترون كاثود (cathode).
- تُمكّن معرفة منحي التيار الكهربائي و ملاحظة النواتج المتكونة من معرفة تفاعلات الأكسدة الممكنة عند الأنود و تفاعلات الاختزال الممكنة عند الكاثود.



٣ كمية الكهرباء و حصيلة المادة خلال تحليل كهربائي:

يعبر عن كمية الكهرباء Q التي تجتاز الدارة بالعلاقة التالية:

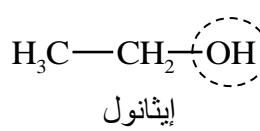
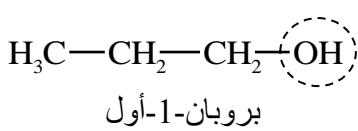
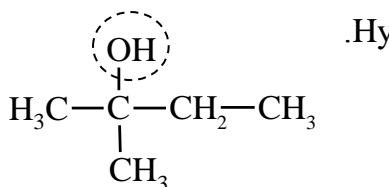
$$\left. \begin{array}{l} \text{بالكولوم (C) و I شدة التيار بالأمبير (A) و } \Delta t \text{ مدة التحليل} \\ \text{الكهربائي بالثانية (s) و } n(e^-) \text{ كمية مادة الإلكترونات المتبادلة} \\ \text{بالمول (mol) و } F \text{ ثابتة فراداي } 96500 \text{ C.mol}^{-1} . \end{array} \right\} n(e^-) = \frac{I \cdot \Delta t}{F} \Leftarrow Q = I \cdot \Delta t = n(e^-) \cdot F$$

٤ بعض تطبيقات التحليل الكهربائي:

- يستخدم التحليل الكهربائي لطلاء الفلزات بطبقة من فلز آخر لحمايتها من التآكل أو لجعلها أكثر صلابة أو لتحسين شكلها. حيث يستعمل الفلز المراد طلاؤه كcation ، و الفلز المراد توضعه كanion ، و أيوناته متواجدة في المحلول الإلكتروني.
- إنتاج ماء حافل انطلاقاً من كلورور الصوديوم، إنتاج بعض الفلزات كالزنك، و بعض الغازات كـ Cl_2 ، مرکم السيارات، ...

١ - تذكير - مجموعة الكحولات

▪ تحتوي الكحولات على المجموعة المميزة OH — التي تسمى هيدروكسيل Hydroxyle.

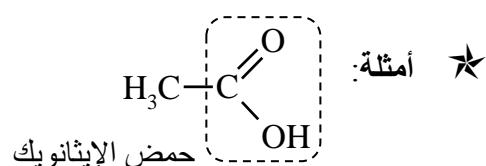
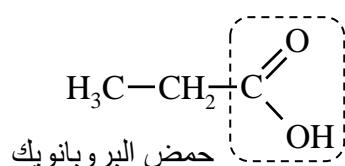
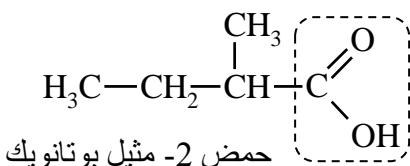


أول بوتان-2-مثيل

- الأحماض الكربوكسيلة:

- الحمض الكربوكسيلي مركب عضوي يحتوي على مجموعة الكربوكسيل: $\text{—C}(=\text{O})\text{—}$ أو —COOH .

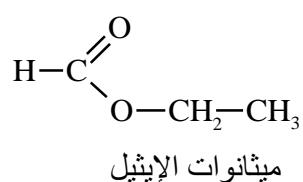
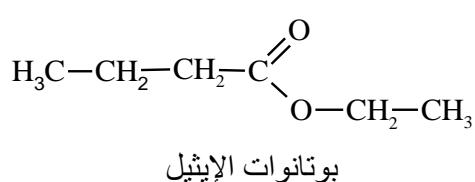
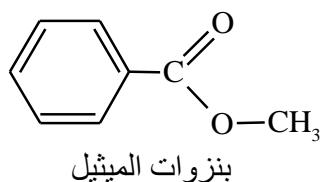
○ يسمى اسم الحمض الكربوكسيلي باسم الألkan المواافق له، مع تقديم لفظ «حمض» و إضافة المقطع «وريك».



٢ مجموعۃ الاسترات:

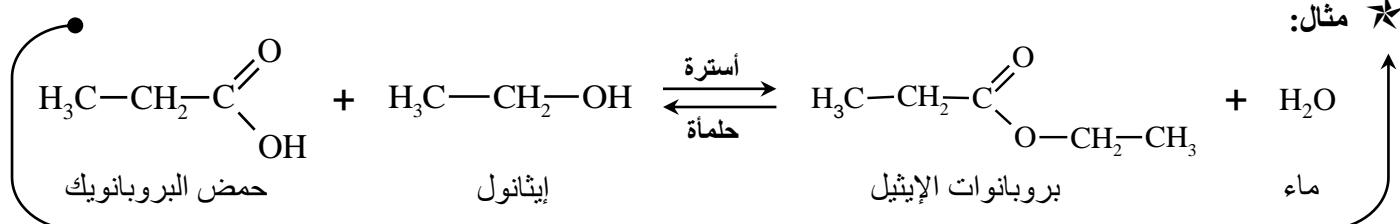
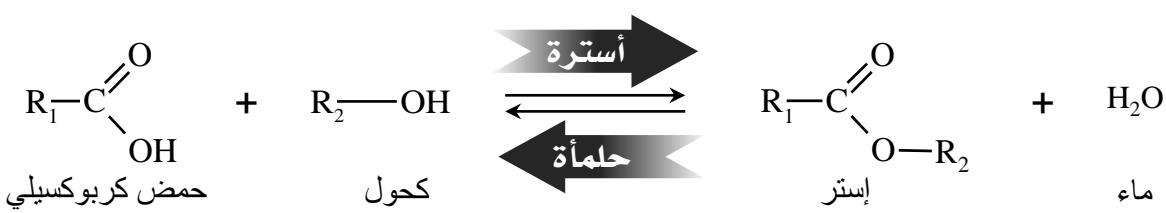
- الإستر مركب عضوي يتميز بالصيغة العامة: $R_1-C(=O)-OR_2$. حيث R_1 ذرة هيدروجين أو جذر ألكيلي و R_2 جذر ألكيلي.

★ نحصل على اسم الحمض الكربوكسيلي الموافق بحذف لفظ «حمض» و تعويض المقطع «ويك oïque» بالمقطع «وات -oate» ، متبوعا باسم الجذر الألكيلي المرتبط بنزرة الأوكسجين برابطة بسيطة.



٣ حلة التوازن أسترة - حلماء:

الأسترة و الحلماء تقاعلان عكوسان يؤديان إلى حالة التوازن نعبر عنها بالمعادلة التالية: \square الأسترة = الحصول على إستر



★ مميزات تفاعلات الأسترة والحلمة: الأسترة و الحلماء تفاعلان بطيئان جداً و محدودان .

٤ مردود التحول:

مردود التحول r هو خارج قسمة كمية المادة المحصل عليه تجريبياً على كمية المادة للناتج n_{th} إذا كان التحول كلية و ينحصر بين 0 و 1 :

$$r = \frac{n_{exp}}{n_{th}}$$

5

التحكم في سرعة التفاعل: (للرفع من سرعة التفاعل يمكن):

- الرفع من درجة حرارة الوسط التفاعلي.

استعمال حفاز، (أيون الأوكسونيوم H_3O^+ مثلا).

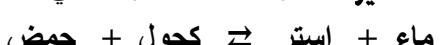
(الحفاز نوع كيميائي يزيد في سرعة التفاعل ولا يظهر في معادلة التفاعل)

التحكم في مردود التفاعل: (للرفع من مردود التفاعل يمكن):

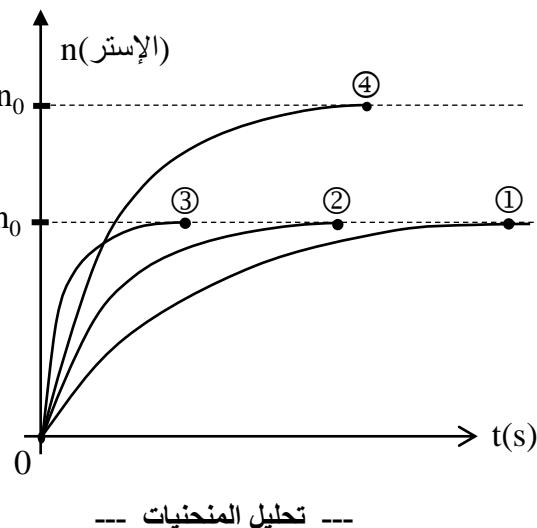
- استعمال أحد المتفاعلات بوفرة.

إزالة أحد النواتج خلال تكونه.

تفسير: نعتبر تفاعل الأسترة التالي:



$$\text{تعبير } Q_{r,\text{eq}} \text{ خارج التفاعل عند التوازن هو: } Q_{r,\text{eq}} = \frac{[\text{ماء}]_{\text{eq}} \cdot [\text{إستر}]_{\text{eq}}}{[\text{حمض}]_{\text{eq}} \cdot [\text{كحول}]_{\text{eq}}}$$



①: بدون استعمال الحفاز مع درجة حرارة منخفضة.

②: استعمال حفاز أو الرفع من درجة الحرارة.

③: استعمال الحفاز مع الرفع من درجة الحرارة.

④: إزالة أحد النواتج خلال تكونه أو استعمال أحد

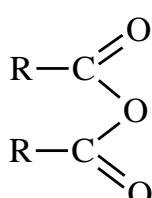
المتفاعلات بوفرة.

عند إضافة أحد المتفاعلات (حمض أو كحول)، أو عند إزالة أحد النواتج (ماء أو إستر) يتناقض خارج التفاعل Q_r مما يجعل المجموعة في وضعية، حيث تكون قيمة خارج التفاعل Q_r أصغر من ثابتة التوازن K ، فستطير المجموعة تلقائياً في المجرى المباشر، وبالتالي تتكون نواتج جديدة.

كيمياء 10 التحكم في تطور المجموعات الكيميائية بتغيير متفاعل

1 أندريد الحمض:

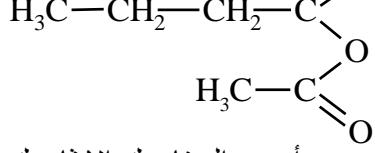
R يمثل سلسلة كربونية.



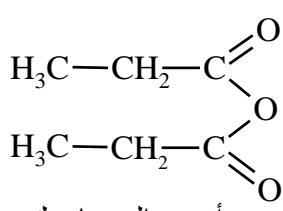
أندریدات الحمض مركبات عضوية تتميز بالصيغة العامة:

• **تسمية أندريد الحمض:**

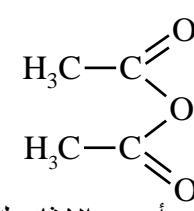
أندريد الحمض:



أندريد البوتانيك الإيثانويك



أندريد البروبانويك

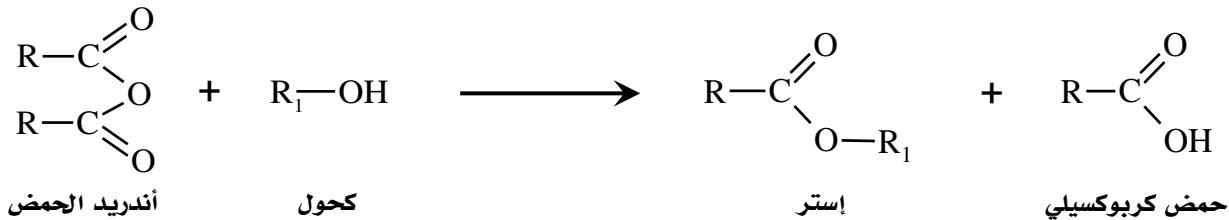


أندريد الإيثانويك

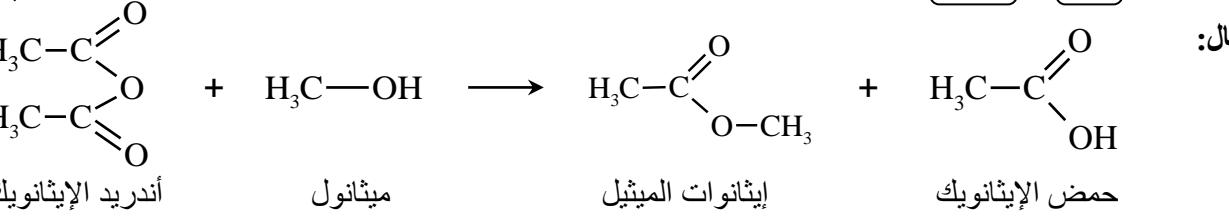
أمثلة:

2 تصنيع إستر انطلاقاً من أندريد الحمض وكحول:

يؤدي تفاعل أندريد الحمض مع كحول إلى تكوين إستر و حمض كربوكسيلي حسب المعادلة:

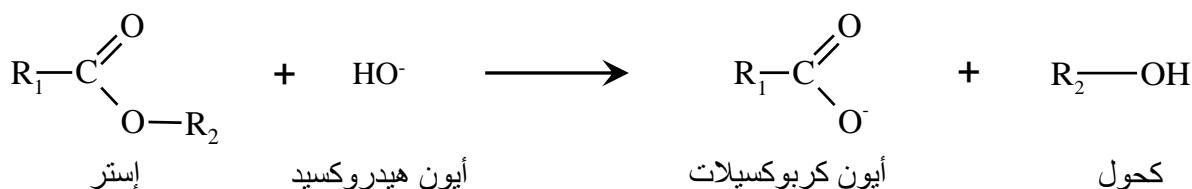


هذا التفاعل **كلي** و **سريع**. يكون فيه التقدم النهائي $x_f = x_{\max}$ (أي $\tau = 1$).



٣ الحلمة القاعدية للإستر = التصبن

- التصبن هو تفاعل إستر مع أيونات الهيدروكسيد HO^- ، حيث ينتج عنه تكون كحول و أيونات الكربوكسيلات حسب المعادلة.

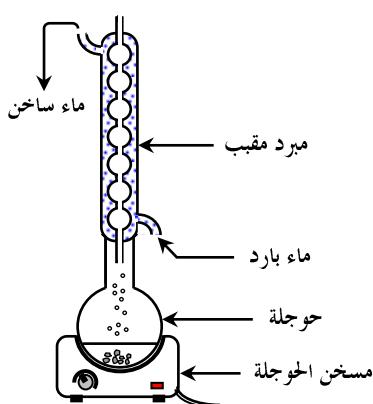
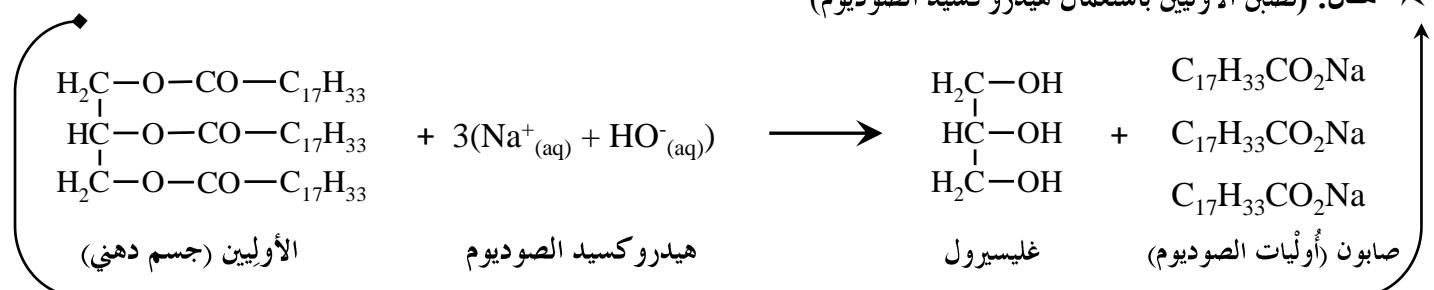


هذا التفاعل **كلي** و **سريع**. يكون فيه التقدم النهائي $x_f = x_{\max}$ (أي $\tau=1$).

٤ تحضير الصابون:

- ينتج الصابون عن تصبن ثلاثي الغليسيريد. وهو عبارة عن كربوكسيلات الصوديوم أو البوتاسيوم ، القواعد المرافقة للأحماض الدهنية ذات سلاسل طويلة (بين 10 و 20 ذرة كربون) .

مثال: (تصبن الأوليين باستعمال هيدروكسيد الصوديوم)



- تركيب التسخين بالارتداد: دوره؟
 - ✓ تسريع التفاعل ،
 - ✓ الحفاظ على الأنواع الكيميائية من الضياع.

يحتوي الأيون كربوكسيلات، ذو سلسلة كربونية طويلة المتواجدة في الصابون على جزأين:

الجزء الهيدروفيلي (COO^-) (hydrophile)، المتواجد في رأس السلسلة، وهو قابل للذوبان في الماء.

الجزء الهيدروفيلي (hydrophobe)، السلسلة الكربونية الطويلة، وهو غير قابل للذوبان في الماء.

٥ الحفاز:

- الحفاز نوع كيميائي يزيد في سرعة التفاعل ولا يغير حالة التوازن. و الحفاز 3 أنواع:

الحفاز غير المتجانس: عندما تكون الحالة الفيزيائية للمتفاعلات والحفاز مختلفة.

الحفاز المتجانس: إذا كانت المتفاعلات والحفاز كلها غازية ، أو في محلول مائي.

الحفاز الأنزيمي: إذا كان الحفاز المستعمل أنزيميا.

يمكن اختيار الحفاز النوعي في الصناعة من توجيه المجموعة الكيميائية في اتجاه تكون ناتج معين.

❖ للحفاز دور تسريعي و إنقائي.

انتهى ... أتمنى لكم التوفيق

في حالة وجود ما قد يبدو خطأً أو نقص أو غموض :

- yassine.derraz@taalim.ma أو yassinderaz@gmail.com
- [Facebook.com/yassinderraz](https://www.facebook.com/yassinderraz)

ثانوية الرazi التأهيلية ، ترجيست - نيابة إقليم الحسيمة.



ـ تابع بكل جدية الدرس الذي يقدمه الأستاذ داخل القسم .

ـ أملأ أن أكون قد وفقت في وضع أدلة مفيدة تحفزك على البحث والاجتهاد والتميز . والله ولي التوفيق .