**المـجـــــــال : التطورات الـرتــيبة**

**الوحدة الأولى : تطور كميات مادة المتفاعلات والنواتج خلال تحول كيميــائي في محلول مائي**

**L'évolution des quantités de réactifs et de produits au cours de la transformation chimique en solution aqueuse.**

prof : Zegrir. derradji [www.zegrir92-physique.3oloum.com](http://www.zegrir92-physique.3oloum.com)

**1\*- مراجعة :**

\*- المؤكسد :هو كل نوع كيميائي قادر على اكتساب إلكترون أو أكثر ويسمى النوع الناتج المرجع المرافق .

oxydant + ne- = réducteur

\*- المرجع : هو كل نوع كيميائي قادر على فقد إلكترون أو أكثر ويسمى النوع الناتج المؤكسد المرافق .

réducteur = ne- + oxydant

\*- الثنائية مؤكسد / مرجع : هي مجموعة مكونة من مؤكسد ومرجع مرافق ونرمز بالشكل :Ox / Red وتتميز الثنائية Ox / Red بنصف المعادلة الالكترونية Ox + ne-  = Red

\*- تفاعل الأكسدة الإرجاعية :

خلال تفاعل الأكسدة – إرجاع يحدث تبادل الكتروني بين الثنائيتين مؤكسد / مرجع (Ox1/ red1) و(Ox2/ red2) حيث يحدث انتقال للالكترونات من المرجع Red2 الى المؤكسد Ox1 .ولكتابة معادلة التفاعل الحاصلة نكتب نصفي المعادلة الالكترونية وننجز المجموع :( Ox1  + n1 e- ) = Red1 × n2

n1 ×Red2 = ( Ox2 + n2 e-)

n2 Ox1 + n1 Red2 = n2 Red1 + n1 Ox2

مثال : تفاعل الأكسدة الإرجاعية بين الثنائيتين : MnO4- / Mn2+ و Fe3+ / Fe2+

( Fe3+ + 1e- = Fe2+ )×5

MnO4- + 8H+ + 5e- = Mn2+ + 4 H2O

MnO4-(aq) + 5 Fe3+ (aq) +8H+ (aq) = Mn2+ (aq) +5 Fe2+ (aq) +4 H2O (l)

**2\*- المتابعة الزمنية لتحول كيميائي :**

2-1:أنواع التحولات الكيميائية :

أ\*- التحولات الكيميائية السريعة:

هي تحولات آنية تحدث بمجرد تلامس المتفاعلين خلال مدة قصيرة جدا بحيث لا يمكن متابعتها بالعين المجردة أو باستعمال وسائل القياس المعتادة .

مثال : - تفاعل ثنائي اليود I2(aq) مع ثيو كبرتات الصوديوم (aq) 2Na+(aq) + S2O32-

ب\*- التحولات الكيميائية البطيئة:

هي تحولات تدريجية يمكن متابعتها بالعين المجردة أو باستعمال وسائل القياس المعتادة .

مثال : - تفاعل يود البوتاسيوم ) ( K+(aq) + I-(aq) مع البيروكسود يكبرتات البوتاسيوم (aq) 2K+(aq) + S2O82-

يلاحظ تطور تدريجي للون ثنائي اليود

المتشكل بمرور الزمن.

t1 t2> t1 t3> t2

جـ\*- التحولات الكيميائية البطيئة جدا :

يكون التحول بطيئا جدا إذا كانت نتائج تطور الجملة الكيميائية لا تلاحظ إلا بعد عدة أيام أو أشهر فنقول أن الجملة الكيميائية عاطلة حركيا .

مثال : تأكسد برمنغنات البوتاسيوم . H2O (l)/ O2 (aq) و MnO4-(aq)/ MnO2 (s)

2-2 : طرق المتابعة الزمنية لتحول كيميائي :أهم طرق المتابعة الزمنية لتحول كيميائي هي :

أ\*- طرق فيزيائية: تستعمل الطريقة الفيزيائية عندما تكون إحدى المقادير الفيزيائية القابلة للقياس في الوسط التفاعلي تتعلق بتركيز بعض الأنواع الكيميائية الموجودة في هذا الوسط نذكر منها :

أ\*- طرق فيزيائية:

* قياس الناقلية (الوسط التفاعلي يحتوي على شوارد تخضع لتحول كيميائي ) .
* قياس الحجم أو الضغط إذا كان التفاعل ينتج أو يستهلك غازات .
* قياس Ph إذا كان الوسط التفاعلي يحتوي على شوارد الهيدونيوم(aq)  H3O+ تخضع لتحول كيميائي .

ب\*- طرق كيميائية: ترتكز الطرق الكيميائية على معايرة أحد الأنواع الكيميائية خلال التفاعل ’ حيث يكون تفاعل المعايرة سريع جدا أمام التفاعل الحادث ’ تنجز الدراسة بصفة متقطعة بحيث تتم العملية على عينات تؤخذ من الوسط التفاعلي .

2-3 : متابعة تطور جملة عن طريق المعايرة :

\*- أكسدة شوارد اليود I-(aq) بواسطة شوارد البيروكسو ديكبريتات ) S2O82-(aq) .

**نشاط تجريبي :**

1\*- في اللحظة t = 0 نضع 100 ml من محلول بيروكسود يكبريتات البوتاسيوم (2K+ +S2O) ذو التركيز

C2= 0.036 mol / L في بيشر موضوع فوق مخلاط مغناطيسي ويحتوي على 100 mL من محلول يود البوتاسيوم ( K+ + I-) ذي التركيز الموليC1 = 0.4 mol / L .

* كيف يظهر عمليا تطور الجملة الكيميائية .
* أكتب معادلة التفاعل (1) الحادث علما أن الثنائيات

Ox / Red الداخلة في التفاعل هي : S2O82- / SO42- , I- I2 /

* أنجز جدولا لتقدم التفاعل (1).
* أوجد العلاقة بين كمية اليود n(I2) المتشكلة وتقدم التفاعل x(t) .

2\*- لتعيين كمية ثنائي اليود المتشكلة في اللحظة t نأخذ من المزيج حجما V= 10 ml ونضعه في وعاء بيشر يحتوي على 50 ml من ماء شديد البرودة.ثم نقوم بعملية المعايرة بواسطة محلول لتيوكبريتات البوتاسيوم

( 2K+ + S2O32- ) تركيزه mol / L C3 = 0.02 . نضيف قطرات من صمغ النشأ أو التيودان حيث يصبح المحلول أزرقا ثم نواصل عملية المعايرة . ثم نسجل الحجم المضاف عند التكافؤ Veq. (عند التكافؤ يزول اللون الأزرق دلالة على اختفاء ثنائي اليود كليا ).الجدول التالي يوضح نتائج المعايرة :

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 16 | 12 | 9 | 6 | 3 | 0 | t (min) |
| 16.4 | 16.1 | 15.6 | 14.1 | 11.4 | 10.6 | 8.4 | 7.1 | 5.1 | 2.5 | 0.0 | Veq(ml) |

* لماذا نضيف الماء البارد إلى العينة المأخوذة قبل المعايرة.
* ماهو البروتوكول التجريبي الذي يمكن إتباعه في عملية المعايرة .
* أكتب معادلة تفاعل (2) .الممثل للتفاعل الحادث علما أن الثنائيات

Ox / Red الداخلة في التفاعل هي : S4O62- / S2 O32- , I- I2 /وأذكر مميزات هذا التفاعل .

* أنجز جدولا لتقدم التفاعل (2).
* أوجد العلاقة بين كمية اليود n0 (I2) المتشكلة من أجل الوسط التفاعلي V= 10 ml والحجم*Veq*  .
* أوجد العلاقة بين كمية اليود n (I2) المتشكلة من أجل الوسط التفاعلي V= 200 ml والحجم Veq .واستنتج العلاقة بين تقدم التفاعل x(t) و الحجم Veq .
* باستخدام العلاقة السابقة أكمل الجدول التالي :

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 16 | 12 | 9 | 6 | 3 | 0 | t (min) |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | X(m moL) |

* باستخدام سلم الرسم : X(m moL) . 1Cm……………0.5mmoL

t (min) . 1Cm……………10min

**أرسم المنحنى البياني X=f(t) . ماذا تستنتج من هذا النشاط التجريبي؟**

**الإجابة عن النشاط :1\*-**

* عمليا يتغير اللون ببطء في البيشر حيث يتطور تدريجيا من اللون الأصفر الى اللون الأسمر دليل على تشكل ثنائي اليود وبالتالي التحول الكيميائي الحادث بطيء **.**
* معادلة التفاعل الحادث :

S2O82-(aq) +2e-= 2 SO42-(aq)

2I- (aq)  = I2(aq)  + 2e- S2O82-(aq) +2I- (aq) =2 SO42-(aq) + I2(aq)

* جد ول تقدم التفاعل :

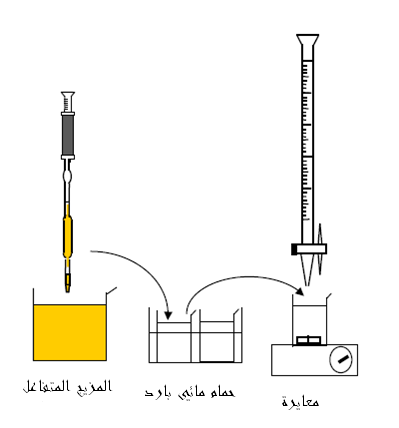
|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2I-(aq)  + S2 O-28(aq) = I2(aq )**+ 2** S O-42**(aq)** | | | | معادلة التفاعل | |
| كمية المـــــادة (mol) | | | | التقدّم | حـالة الجملة |
| 0 | 0 | *C2V2* | *C1V1* | 0 | الحالة الابتدائية |
| 2X | X | *C2V2 -X* | *C1V1 -2X* |  | الحالة الانتقالية |

* العلاقة بين كمية اليود n(I2) المتشكلة وتقدم التفاعل x(t) .

من جدول التقدم لدينا : = *x(t)* n(I2) .

2\*-

* نضيف الماء البارد للعينة لتوقيف التفاعل . وباستعمال المعايرة نتمكن من معرفة كمية ثنائي اليود المتشكلة بالضبط عند تلك اللحظة .
* البروتوكول التجريبي الذي يمكن إتباعه في عملية المعايرة .



\*

**تيوكبريتات الصوديوم**

**سحاحة**

**مخلاط مغناطيسي**

**المزيج يحتوي على** I2

معادلة تفاعل المعايرة :

2S2 O32-  (aq) = S4O62-(aq) + 2 e-

I2 (aq)+ 2 e- = 2 I-(aq)

2S2 O32-(aq) + I2 (aq) = S4O62-(aq) + 2 I- (aq)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2S2 O32-(aq) + I2 (aq) = S4O62-(aq) + 2 I- (aq) | | | | معادلة التفاعل | |
| كمية المـــــادة (mol) | | | | التقدّم | حـالة الجملة |
| 0 | 0 | *n0(* I2*)* | *n0(*S2 O32-*)* | 0 | الحالة الابتدائية |
| *2Xeq* | *Xeq* | *n0(* I2*)-Xeq* | *n0(*S2 O32-*)-2Xeq* | xeq | الحالة النهائية |

* جدول التقدم للتفاعل :
* العلاقة بين كمية اليود n0 (I2) المتشكلة من أجل الوسط التفاعلي V= 10 ml والحجم Veq .

عند التكافؤ لدينا :

*Xeq = n0(* I2*)= n0(*S2 O32-*)/2=C3Veq /2*

* العلاقة بين كمية اليود n (I2) المتشكلة من أجل الوسط التفاعلي V= 200 ml والحجم Veq .

لدينا :

*n (I2) = 20 n0(* I2*)=20× C3Veq /2=10 C3Veq*

* استنتاج العلاقة بين تقدم التفاعل x(t) و الحجم Veq :

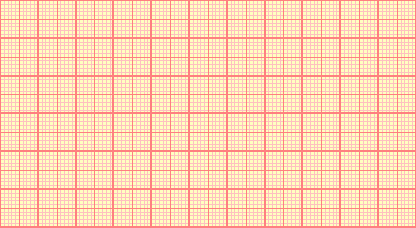
مما سبق لدينا : *n(I2)= x(t) ومنه :*

*n (I2) = x(t)=10 C3Veq*

* إكمال الجدول :

لدينا :

*n (I2) = x(t)=10 C3Veq =0.2 Veq*



10

0.5



t(min)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 16 | 12 | 9 | 6 | 3 | 0 | t (min) |
| 3.3 | 3.2 | 3.1 | 2.8 | 2.3 | 2.1 | 1.7 | 1.4 | 1.0 | 0. 5 | 0 | X(m moL) |

* **رسم المنحنى البياني** X=f(t) **:**

الاستنتاج : عملية المعايرة

تمكن من المتابعة الزمنية

لتطور جملة كيميائية .

2-4 : متابعة تطور جملة عن طريق قياس الناقلية :

نشاط تجريبي :

نصب في وعاء بيشر كمية من الماء والكحول ونضيف للخليط 1mL من 2- كلور2- مثيل بروبان CH3)3C-Cl(aq) والذي يمكن أن نرمز له بالرمز RCl . معادلة التفاعل الحادث هي :

= (CH3)3C- OH(aq) + H3O+(aq) + Cl-(aq) (CH3)3C-Cl(aq) + 2H2O(L)

أو = R-OH(aq) + H3O+(aq) + Cl-(aq) R-Cl(aq) + 2H2O(L)

هذا التفاعل ينتج الشوارد H3O+(aq) و Cl-(aq)والتي تتحكم في قيمة الناقلية النوعية σ للمحلول (الوسط التفاعلي).

من أجل متابعة هذا التحول نغمر في البيشر مسبارSonde) ( جهاز الناقلية كما هو مبين في الشكل- 1- نرج المزيج ثم نشغل الكرونومتر عند اللحظة t=0 ونسجل قيم الناقلية النوعية σ في لحظات مختلفة وندون النتائج في الجدول التالي :

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 31 | 28 | 25 | 22 | 19 | 16 | 13 | 9 | 6 | 3 | 0 | t(min) |
| 1.95 | 1.95 | 1.90 | 1.85 | 1.76 | 1.66 | 1.46 | 1.27 | 0.98 | 0.49 | 0 | (s.m-1 )σ |

* أنجز جدول تقدم التفاعل .
* اكتب عبارة الناقلية النوعية (t)σ بدلالة التقدم x(t) للتفاعل والناقليات المولية الشاردية λ(H3O+) و λ(Cl-) وV حجم المزيج. استنتج عبارة x(t) بدلالة (t)σ ،V، λ(H3O+) و λ(Cl-).
* اكتب عبارة الناقلية النوعية fσ بدلالة كمية المادة الابتدائية(RCL) n0 وV حجم المزيج و λ(H3O+) ، λ(Cl-) واستنتج العلاقة بين (t)σ و fσ و x(t)و n0.
* اكمل الجدول التالي :

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 31 | 28 | 25 | 22 | 19 | 16 | 13 | 9 | 6 | 3 | 0 | t(min) |
| 1.95 | 1.95 | 1.90 | 1.85 | 1.76 | 1.66 | 1.46 | 1.27 | 0.98 | 0.49 | 0 | (s.m-1 )σ |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | *X(m moL)* |

* ارسم المنحنى البياني X= f(t) باختيار سلم رسم مناسب . **ماذا تستنتج من هذا النشاط التجريبي؟**

يعطى :الكتلة الحجمية للمركب *RCl : ρ=0.85 g/ml و MRCl=92g/mol*

الإجابة : \*- جدول التقدم :

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| = (CH3)3C-OH(aq) + H3O+(aq) + Cl-(aq) (CH3)3CCl(aq) + 2H2O(L) | | | | | معادلة التفاعل | |
| كمية المـــــادة (mol) | | | | | التقدّم | حـالة الجملة |
| 0 | 0 | 0 | *بوفرة* | *n0* | 0 | الحالة الابتدائية |
| X | X | X | *بوفرة* | *n0 - X* |  | الحالة الانتقالية |
| *X* Max | *X* Max | *X* Max | *بوفرة* | *n0 - X* Max | *X* Max | الحالة النهائية |

\*- عبارة الناقلية النوعية (t)σ بدلالة التقدم x(t) للتفاعل والناقليات المولية الشاردية λ(H3O+) و λ(Cl-) وV حجم المزيج. استنتج عبارة x(t) بدلالة (t)σ ،V، λ(H3O+) و . λ(Cl-)

λ(Cl-) [ Cl-] + [ H3O+] σ(t) = λ(H3O+)

لدينا :

*σ(t) = ( λ(H3O+ + λ(Cl-) ) . X(t) / V*  ………1

ومنه :

*X(t) = σ(t) V / ( λ(H3O+) + λ(Cl-) )*

عبارة الناقلية النوعية fσ بدلالة كمية المادة الابتدائية(RCL) n0 وV حجم المزيج و λ(H3O+) ، λ(Cl-) .

لدينا التفاعل بطيء وتام والمتفاعل المحد هو R-Cl(aq) ومنه *XMax=Xf = n0(R-CL) ومنه*

*σf (t) = ( λ(H3O+ + λ(Cl-) ) . n0 / V …………….2*

*σf (t) / σ (t) = n0 / X*(t)

* استنتاج العلاقة بين (t)σ و fσ و x(t)وV. من 1 و 2 نجد :
* اكمال الجدول باستعمال العلاقة :

*X*(t) *=( n0 / σf (t))  . σ (t)*

حيث : *σf (t)*=1.95 S /m

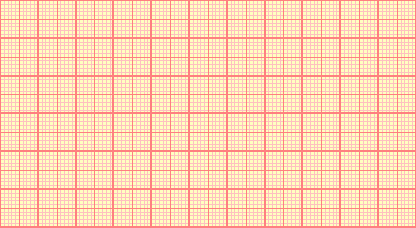
*و*  . 1 / 92.5 = 92 . 104- mol *n0=m/M = ρ V / M = 0.85*

*X*(t)= 47 .104- . σ (t)

ومنه نجد :

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 31 | 28 | 25 | 22 | 19 | 16 | 13 | 9 | 6 | 3 | 0 | t(min) |
| 1.95 | 1.95 | 1.90 | 1.85 | 1.76 | 1.66 | 1.46 | 1.27 | 0.98 | 0.49 | 0 | (s.m-1 )σ |
| 9.2 | 9.2 | 8.9 | 8.7 | 8.5 | 7.8 | 6.8 | 5.8 | 4.6 | 2.3 | 0 | X(m moL) |

10



3

2



t(min)

* رسم المنحنى البياني *X= f(t)* :
* الاستنتاج : قياس الناقلية

تمكن من المتابعة الزمنية

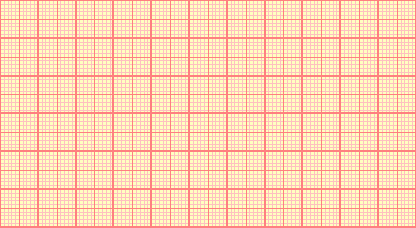
لتطور جملة كيميائية .

**3\*- سرعة التفاعل :**

**3\*-1 : سرعة تشكيل أو اختفاء نوع كيميائي :**

V1 = dn / dt

تعبر عن تغير كمية المادة المتشكلة أو المختفية لنوع كيميائي في وحدة الزمن .



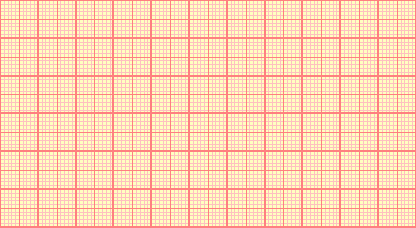
t(min)

n(mol)

t1

Δn

Δt



t(min)

n(mol)

t1

Δn

Δt

V1 = Δn /Δt

سرعة تشكيل نوع كيميائي تمثل ميل المماس في اللحظة المعتبرة

V1 = - Δn /Δt

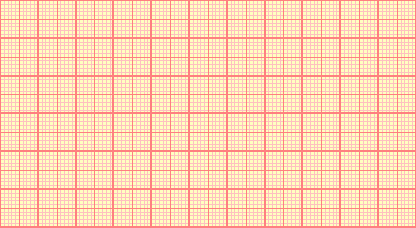
سرعة اختفاء نوع كيميائي تمثل ميل المماس في اللحظة المعتبرة

**3\*-2 : السرعة الحجمية لتشكيل أو اختفاء نوع كيميائي : هي سرعة تشكيل أو اختفاء نوع كيميائي بالنسبة لوحدة الحجوم**

V1 = +-  1/v × d (n )/ dt

وهي تمثل ميل المماس في اللحظة المعتبرة .

V1 = +- 1/v × Δ(n )/Δt=+- Δ(C )/Δt



t(min)

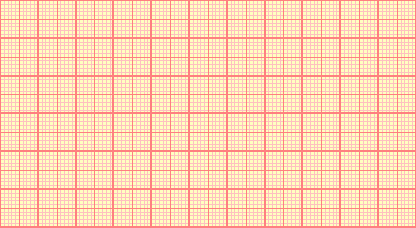
C(mol/L)

ΔC

Δt

t1

**3\*-3 : سرعة التفاعل :** تعبر عن تغير التقدم X في وحدة الزمن .



t(min)

X(mol)

t1

ΔX

Δt

V1 = dX / dt

V1 = ΔX /Δt

سرعة التفاعل تمثل ميل المماس في اللحظة المعتبرة

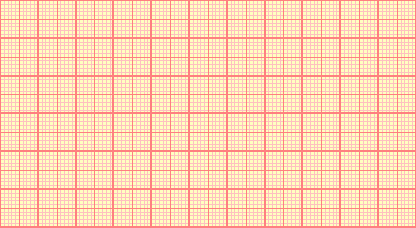
**3\*-3 : السرعة الحجمية التفاعل :** وهي سرعة التفاعل بالنسبة لوحدة الحجوم **.**

V1 = 1/ V × dX / dt

**V :** حجم الوسط التفاعلي .

**4\*- زمن نصف التفاعل t1/2  :** هي زمن بلوغ التقدم X نصف تقدمه الأعظمي XMax /2 .قيمته تحسب من البيان .

Xmax





t(min)

Xmax / 2

**t1/2**

**4\*العوامل الحركية :** نسمي عاملا حركيا لتفاعل كيميائي كل ما يغير من سرعة التفاعل. وأهمها **:**

**\*- درجة الحرارة :** بزيادة درجة الحرارة تزداد سرعة الفاعل .

**\*- التراكيز الابتدائية :** بزيادة التراكيز الابتدائية تزداد سرعة الفاعل في اللحظة t=0.

**\*- الوسيط :** وجود الوسيط المناسب يعمل على تسريع التفاعل .

www. zegrir92-physique.3oloum.com

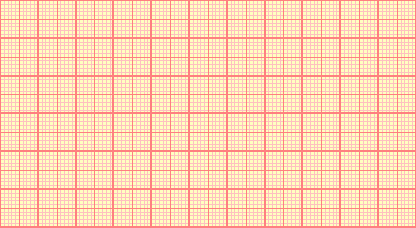
**Zegrir derradji**

**Lycée Ahmed Cherif mentouri .ain mlila**

وجود وسيط مناسب

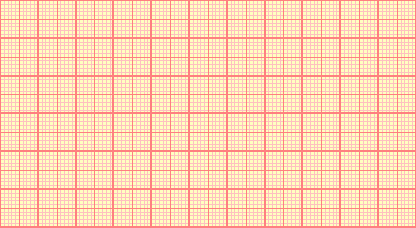
t(min)





Xmax

Xmax

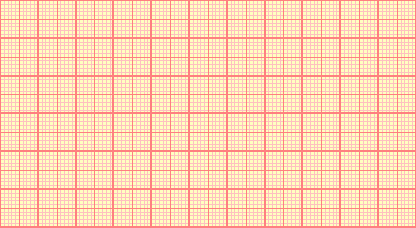




t(min)

تأثير التراكيز الابتدائية

Xmax





t(min)

تأثير درجة الحرارة