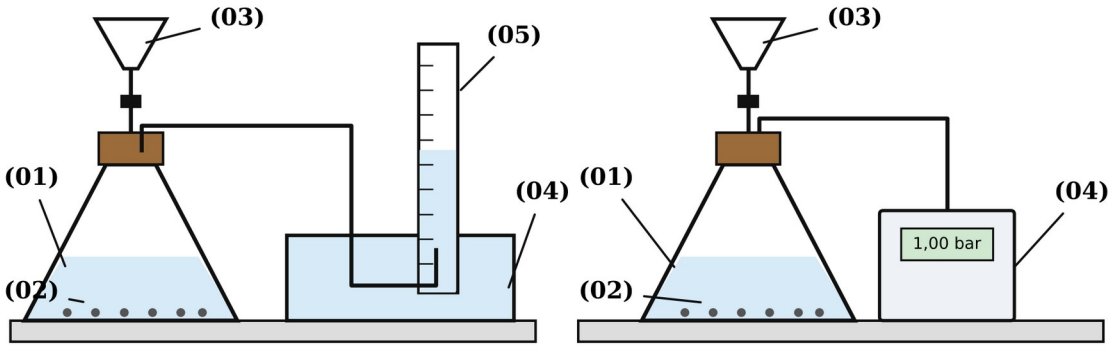
ثانوية:	السنة الدراسية: 2026/2027
تمرين تجريبي: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي بقياس الضغط	
المستوى: السنة الثالثة ثانوي (شعب علمية)	المدة: 45 دقيقة
الاسم واللقب:	القسم: .....

التمرين التجريبي (7 نقاط)

توجد في المخبر قارورة كُتب عليها: «مسحوق المغنيزيوم Mg غير النقي»، أي أنه يحتوي على شوائب لا تتفاعل، ودرجة نقاوته p . نمذج التحول الكيميائي التام والبطيء الحادث بين المغنيزيوم ومحلول حمض كلور الهيدروجين بالمعادلة:

$$Mg_{(s)} + 2H_3O^+_{(aq)} \rightarrow Mg^{2+}_{(aq)} + H_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

نضع كتلة $m = 1,5$ g من مسحوق المغنيزيوم في بالون زجاجي حجمه V_{int} يحتوي على $V_s = 200$ mL من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه $c = 1$ mol/L ، عند درجة حرارة ثابتة 25 °C . تتم متابعة هذا التحول عن طريق قياس ضغط غاز ثنائي الهيدروجين H_2 المنطلق، الذي نعتبره غازا مثاليا، وذلك اعتمادا على أحد التركيبين التجريبيين الموضحين في الشكل (3).



التركيب (ب) التركيب (أ)

1- اختر التركيب التجريبي المستعمل في هذه المتابعة، ثم سمِّ العناصر المرقمة فيه. (0,75 ن)

2- أنشئ جدولا لتقدم التفاعل، واستخرج عبارة ضغط غاز ثنائي الهيدروجين P_{H_2} بدلالة: x ، V_{H_2} ، R ، T ، حيث V_{H_2} هو حجم الحيز الذي يشغله الغاز في البالون. (1 ن)

3- عبّر عن الضغط P داخل البالون بدلالة: x ، T ، R ، V_{H_2} ، P_0 ، حيث P_0 هو ضغط الهواء داخل البالون قبل بدء التفاعل. (0,75 ن)

4- اعتمادا على البيان (أ) من الشكل (4)، احسب: حجم الغاز V_{H_2} ، حجم البالون الزجاجي V_{int} ، والتقدم الأعظمي x_{max} . (1 ن)

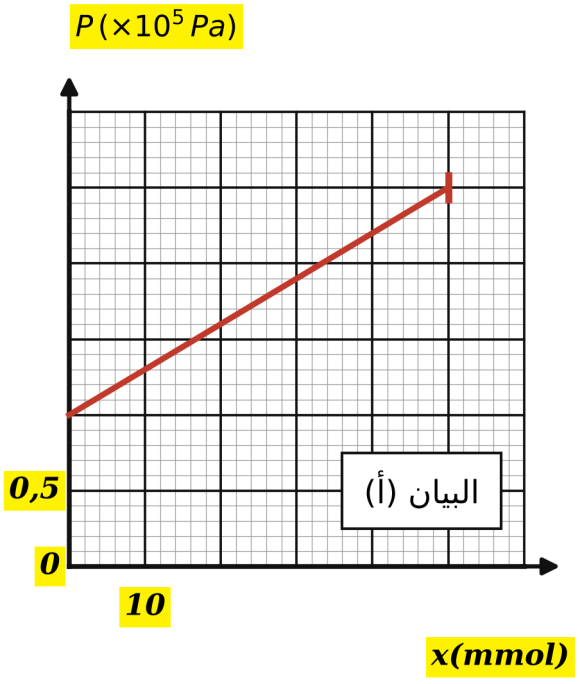
5- استنتج المتفاعل المحد، واحسب النسبة الكتلية p (%) (درجة النقاوة) لمسحوق المغنيزيوم. (0,75 ن)

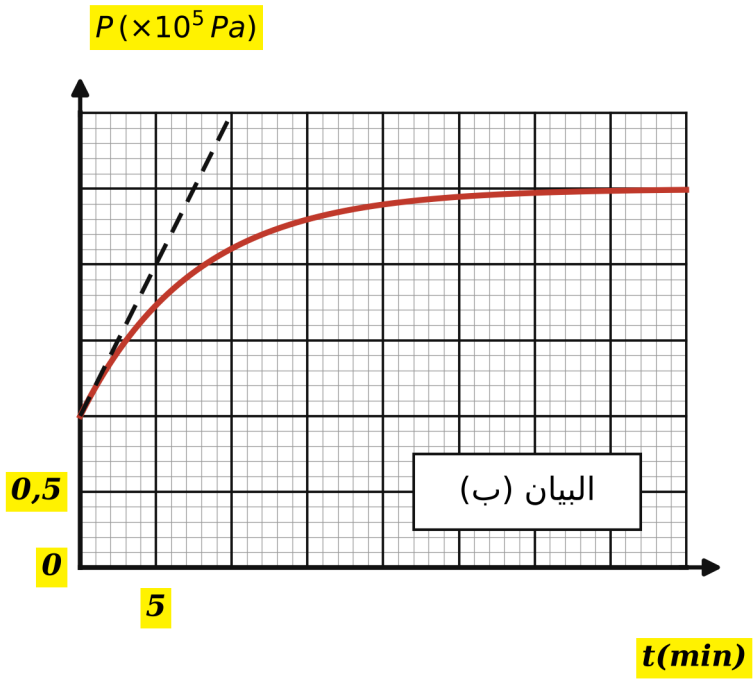
6- عرّف السرعة الحجمية للتفاعل، واكتب عبارتها بدلالة ضغط البالون، ثم احسب قيمتها الأعظمية اعتمادا على البيان (ب). (1,25 ن)

7- عرّف زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ ، ثم حدده بيانيا. (0,75 ن)

8- نعيد التجربة بنفس الكتلة السابقة من المغنيزيوم لكن على شكل قطعة واحدة. أعد رسم البيان (ب) كيفيا، وارسم في نفس المعلم المنحنى الجديد، مع التعليل. (0,75 ن)

الشكل (4): البيان (أ) يمثل تغيرات الضغط P داخل البالون بدلالة التقدم x ، والبيان (ب) يمثل تغيراته بدلالة الزمن t ، والمستقيم المتقطع هو المماس للمنحنى عند اللحظة $t=0$.





المعطيات: $M(\mathrm{Mg})=24\ \mathrm{g/mol}$ ؛ $R=8{,}314\ \mathrm{SI}$ ؛ $T=25\ ^\circ\mathrm{C}$ ؛ $T(\mathrm{K})=\theta(^\circ\mathrm{C})+273$.

بالتوفيق

ثانوية:	السنة الدراسية: 2026/2027
التصحيح النموذجي وسلم التنقيط — تمرين تجريبي: المتابعة الزمنية لتحول كيميائي بقياس الضغط	
المستوى: السنة الثالثة ثانوي (شعب علمية)	المدة: 45 دقيقة

التمرين التجريبي (7 نقاط)

1- نختار **التركيب (أ)**، لأن المتابعة تتم بقياس الضغط في وعاء مغلق ذي حجم ثابت. **(0,25 ن)**

(01) بالون زجاجي (دورق) ، (02) المزيج التفاعلي (مسحوق المغنيزيوم + محلول حمض كلور الهيدروجين) ، (03) قمع بحنفية (يسمح بإدخال المحلول ثم غلق البالون) ، (04) مقياس الضغط (مانومتر). **(0,5 ن)**

2- كمية المادة الابتدائية لشوارد الهيدرونيوم: $n_0(H_3O^+)=c\ V_s=1\times0,2=0,2\ mol$ ، ونرمز n_0 لكمية مادة المغنيزيوم النقي. **(0,5 ن)**

الحالة	التقدم	Mg	H_3O^+	Mg^{2+}	H_2	H_2O
ابتدائية	0	n_0	0,2	0	0	بزيادة
انتقالية	x	n_0-x	$0,2-2x$	x	x	بزيادة
نهائية	x_{max}	n_0-x_{max}	$0,2-2x_{max}$	x_{max}	x_{max}	بزيادة

من جدول التقدم $n(H_2)=x$ ، وبتطبيق قانون الغاز المثالي: $P_{H_2}\ V_{H_2}=n(H_2)\ R\ T$ ، ومنه: **(0,5 ن)**

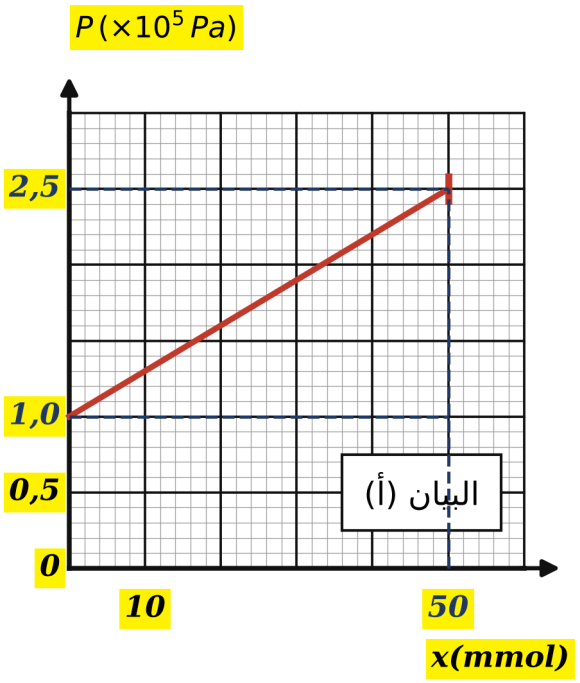
$$P_{H_2}=\frac{R\ T}{V_{H_2}}\ x$$

3- الضغط داخل البالون هو مجموع ضغط الهواء وضغط الغاز المنطلق: $P=P_0+P_{H_2}$ ، أي:

$$P=P_0+\frac{R\ T}{V_{H_2}}\ x$$

(0,75 ن)

-4 البيان (أ) مستقيم لا يمر بالمبدأ معادلته $P=a\ x+P_0$ ، وبالمطابقة مع العبارة النظرية:



نقرأ: $P_0=1,0\times10^5$ Pa ، وعند نهاية التفاعل $P_{max}=2,5\times10^5$ Pa و $x_{max}=50$ mmol$=5\times10^{-2}$ mol . (0,25 ن)

$$a=\frac{R\ T}{V_{H_2}}=\frac{(2,5-1,0)\times10^5}{5\times10^{-2}}=3\times10^6\ \text{Pa/mol}$$

$$V_{H_2}=\frac{R\ T}{a}=\frac{8,314\times298}{3\times10^6}\approx8,26\times10^{-4}\ \text{m}^3\approx0,83\ \text{L}$$

(0,5 ن)

$$V_{int}=V_{H_2}+V_s=0,83+0,20\approx1,03\ \text{L}\approx1\ \text{L}$$

(0,25 ن)

-5 لو كان H_3O^+ هو المتفاعل المحد لكان $0,2-2x_{max}=0$ ، أي $x_{max}=0,1\ \text{mol}=100\ \text{mmol}$ ، وهذا يخالف القيمة المقروءة (50 mmol). إذن **المغنيزيوم هو المتفاعل المحد**: $n_0-x_{max}=0$ ، أي $n_0=5\times10^{-2}$ mol . (0,25 ن)

كتلة المغنيزيوم النقي:

$$m_0=n_0\times M(\text{Mg})=5\times10^{-2}\times24=1,2\ \text{g}$$

$$p=\frac{m_0}{m}\times100=\frac{1,2}{1,5}\times100=80$$

أي درجة النقاوة $p=80$ % . (0,5 ن)

-6 السرعة الحجمية للتفاعل هي سرعة التفاعل في وحدة حجم الوسط التفاعلي: $v_{vol}=\frac{1}{V_s}\frac{dx}{dt}$. (ن 0,25)

من العلاقة x $P=P_0+\frac{R\ T}{V_{H_2}}$ نجد $x=\frac{V_{H_2}}{R\ T}(P-P_0)$ ، وبالاشتقاق بالنسبة للزمن: (ن 0,25)

$$v_{vol}=\frac{V_{H_2}}{R\ T\ V_s}\frac{dP}{dt}=\frac{x_{max}}{V_s(P_{max}-P_0)}\frac{dP}{dt}$$

(ن 0,25)

تكون السرعة أعظمية عند $t=0$ ، حيث ميل المماس (المستقيم المتقطع في البيان (ب)):

$(\frac{dP}{dt})_{t=0}=\frac{(2,5-1,0)\times10^5}{7,5}=2\times10^4$ Pa/min ، إذن: (ن 0,25)

$$v_{vol}(0)=\frac{5\times10^{-2}}{0,2\times1,5\times10^5}\times2\times10^4\approx3,3\times10^{-2}\ \text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$$

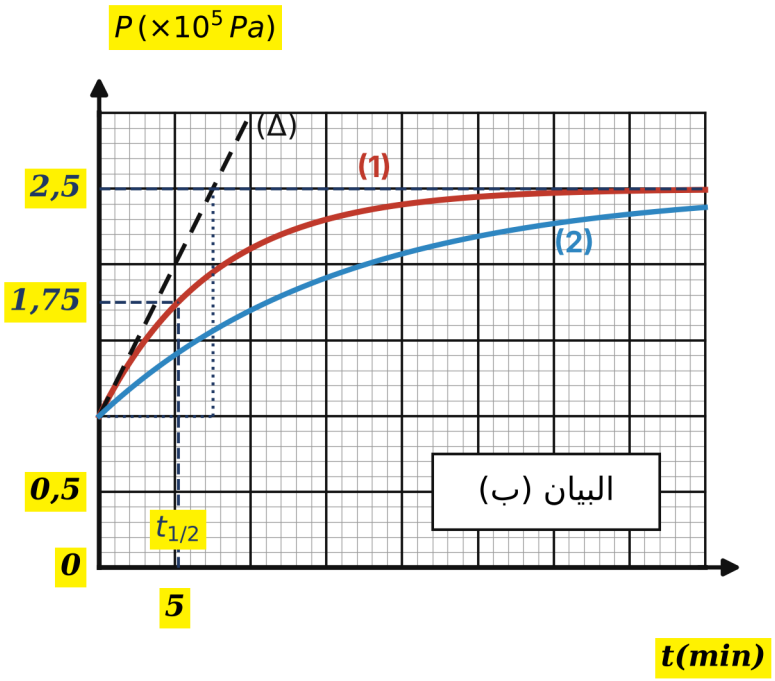
(ن 0,25)

-7 زمن نصف التفاعل $t_{1/2}$ هو المدة الزمنية اللازمة لبلوغ تقدم التفاعل نصف قيمته النهائية: $x(t_{1/2})=\frac{x_{max}}{2}$. (ن 0,25)

عندها يكون:

$$P(t_{1/2})=\frac{P_0+P_{max}}{2}=\frac{1,0+2,5}{2}\times10^5=1,75\times10^5\ \text{Pa}$$

وبالإسقاط على البيان (ب) نجد: $t_{1/2}\approx5,2$ min . (ن 0,5)



-8 المنحنى (2) (بالأزرق) يمثل التجربة بالقطعة الواحدة، والمنحنى (1) التجربة بالمسحوق: (ن 0,25)

أ- القطعة الواحدة سطح تلامسها مع المحلول أصغر من سطح تلامس المسحوق، فيكون التفاعل أبطأ: ميل المماس عند المبدأ أصغر و $t_{1/2}$ أكبر. (0,25 ن)

ب- كمية المغنيزيوم هي نفسها (المتفاعل المحد)، فيبقى $x_{max}=50\ mmol$ ويؤول الضغط إلى نفس القيمة النهائية $P_{max}=2,5\times10^{5}\ Pa$ ، لكن بعد مدة أطول. (0,25 ن)

سلم التنقيط المفصل

السؤال	التوزيع	المجموع
1	اختيار التركيب مع التعليل 0,25 + تسمية العناصر 0,5	0,75
2	جدول التقدم 0,5 + عبارة الضغط 0,5	1
3	العلاقة بين الضغوط والعبارة	0,75
4	القراءات 0,25 + الحجم 0,5 + حجم البالون 0,25	1
5	المتفاعل المحد 0,25 + درجة النقاوة 0,5	0,75
6	التعريف 0,25 + العبارة 0,5 + الميل 0,25 + القيمة 0,25	1,25
7	التعريف 0,25 + التحديد البياني 0,5	0,75
8	الرسم 0,25 + التعليل 0,5	0,75
المجموع		7

ملاحظة: تقبل كل طريقة حل صحيحة أخرى، وتقبل القيم المقروءة بيانيا في حدود دقة القراءة.