ثانوية:	السنة الدراسية: 2027/2026
تمرين تجريبي: المتابعة الزمنية لتفاعل خام حديد غار جبيلات مع حمض كلور الهيدروجين	
المستوى: السنة الثالثة ثانوي (شعب علمية)	المدة: ساعة واحدة
الاسم واللقب:	القسم: .....

التمرين التجريبي (20 نقطة)

يُعتبر منجم «غار جبيلات» الواقع على بعد 130 km جنوب شرق ولاية تندوف أحدَ أكبر مناجم الحديد في العالم.
تصنَّف خامات الحديد حسب نسبة الحديد النقي الموجود فيها كما هو مبيَّن في الجدول الآتي:

صنف خام الحديد	فقير	متوسط	غني
نسبة الحديد النقي	أقل من 30 %	بين 30 % و 50 %	أكثر من 50 %


خام الحديد في منجم غار جبيلات

يهدف هذا التمرين إلى الدراسة التجريبية لتتبع تطور تفاعل معدن الحديد مع محلول حمض كلور الهيدروجين بقياس حجم الغاز المنطلق، ومن ثَمَّ التعرف على صنف خامات حديد منجم غار جبيلات.

لهذا الغرض، ندخل في دورق عند اللحظة $t = 0$ مسحوقا من خام الحديد المستخرج من منجم غار جبيلات كتلته $m = 1{,}00\ \text{g}$، ونسكب فيه حجما $V = 100\ \text{mL}$ من محلول حمض كلور الهيدروجين تركيزه المولي $c = 0{,}3\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$. يتم تجميع غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق في مخبار مدرج مُنكَّس فوق حوض من الماء، ونقيس حجمه في كل لحظة t.

نُنمذج التحول الكيميائي الحادث بالتفاعل ذي المعادلة:

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

نعتبر أن حجم المزيج التفاعلي يبقى ثابتا خلال مدة التحول، وأن الغاز المنطلق غاز مثالي، وأن الشوائب الموجودة في الخام لا تتفاعل مع محلول حمض كلور الهيدروجين.

المعطيات: $V_M = 24\ \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$ (الحجم المولي للغاز في شروط التجربة)؛ $M(\text{Fe}) = 56\ \text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$.

I. الدراسة التجريبية

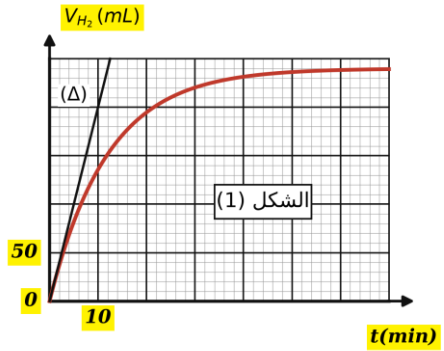
1- اذكر الاحتياطات الأمنية الواجب اتخاذها لإجراء هذا التحول. (1,5 ن)

2- ارسم التركيب التجريبي المستعمل موضحا عليه البيانات الكافية، ثم اذكر كيف يمكن قياس حجم الغاز المنطلق. (2,5 ن)

3- كيف يتم الكشف عن طبيعة الغاز المنطلق عند نهاية التحول؟ (1 ن)

II. المتابعة الزمنية للتحول الكيميائي بقياس حجم الغاز

مكّنت المتابعة الزمنية لهذا التحول الكيميائي التام، عن طريق قياس حجم غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق تحت ضغط ثابت وفي درجة حرارة ثابتة، من رسم المنحنى البياني $V_{H_2} = f(t)$ (الشكل (1))، حيث يمثل المستقيم (Δ) مماس المنحنى البياني في اللحظة $t = 0$.



1- صنّف التحول الكيميائي الحادث من حيث المدة المستغرقة، مع التعليل. (1 ن)

2- أنجز جدول تقدم التفاعل، ثم باستثمار المنحنى البياني: (2 ن)

أ- بيّن أن عبارة التقدم $x(t)$ تُكتب على الشكل: $x(t) = \frac{V_{H_2}(t)}{V_M}$. (1,5 ن)

ب- جد قيمة التقدم النهائي x_f، وعيّن المتفاعل المحد. (2,5 ن)

ج- أثبت أن السرعة الحجمية للتفاعل عند لحظة t تُكتب على الشكل:

$$v_{vol}(t) = \frac{1}{V \cdot V_M} \frac{dV_{H_2}(t)}{dt}$$

ثم احسب قيمتها في اللحظة $t = 0$ بوحدة $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$. (3 ن)

III. التعرف على صنف خام حديد منجم غار جبيلات

يُعبَّر عن النسبة الكتلية للحديد الموجود في خام الحديد بالعلاقة: $\frac{m_0(\text{Fe})}{m}$، حيث $m_0(\text{Fe})$ تمثل كتلة الحديد النقي الموجود في العينة، و m كتلة مسحوق الحديد الخام.

1- احسب $m_0(\text{Fe})$، ثم استنتج النسبة المئوية للحديد النقي في خام الحديد. (3,5 ن)

2- تعرّف على صنف خام حديد غار جبيلات، مع التعليل. (1,5 ن)

بالتوفيق

ثانوية:	السنة الدراسية: 2027/2026
التصحيح النموذجي وسلم التنقيط - خام حديد غار جبيلات (قياس حجم الغاز)	
المستوى: السنة الثالثة ثانوي (شعب علمية)	المدة: ساعة واحدة

التمرين التجريبي (20 نقطة)

I. الدراسة التجريبية

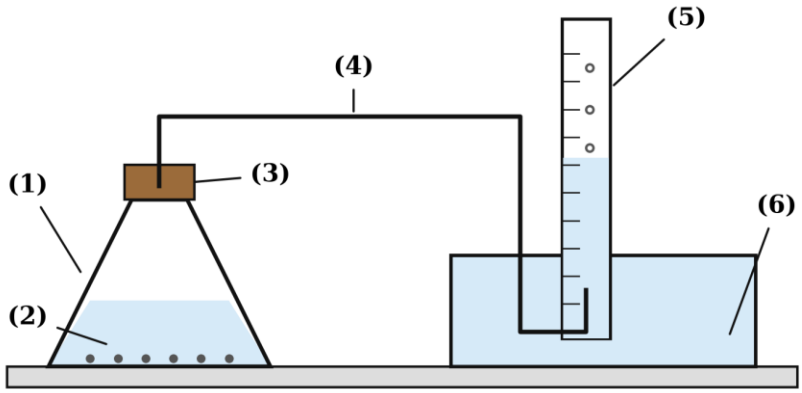
1- الاحتياطات الأمنية: (3 × 0,5 ن)

أ- ارتداء مئزر وقفازات ونظارات واقية، لأن محلول حمض كلور الهيدروجين حمض آكل (كاوٍ).

ب- سكب الحمض بحذر وعدم استنشاق أبخرته، والعمل في مكان جيد التهوية.

ج- إبعاد كل لهب أو شرارة عن التركيب، لأن غاز ثنائي الهيدروجين المنطلق قابل للاشتعال (يُحدث فرقعة مع الهواء).

2- التركيب التجريبي (طريقة إزاحة الماء): (الرسم 1,5 ن)



(1) دورق (إرلنماير) ، (2) المزيج التفاعلي: مسحوق خام الحديد + محلول حمض كلور الهيدروجين ، (3) سدادة ، (4) أنبوب انطلاق الغاز ، (5) مخبار مدرج مُنكَّس مملوء بالماء يتجمع فيه الغاز ، (6) حوض به ماء. (البيانات 0,5 ن)

قياس الحجم: يُزيح الغاز المنطلق الماء من المخبار المدرج، فنقرأ حجم الغاز مباشرة على تدريجات المخبار في كل لحظة t (بعد جعل مستوى الماء داخل المخبار وخارجه في نفس المستوى ليكون الغاز تحت الضغط الجوي). (0,5 ن)

3- نقرّب عود ثقاب مشتعلا من فوهة المخبار بعد إخراجه من الحوض: (0,5 ن) نسمع فرقعة خفيفة، فالغاز المنطلق هو غاز ثنائي الهيدروجين H_2 . (0,5 ن)

II. المتابعة الزمنية للتحول الكيميائي

1- التحول **بطيء** (0,5 ن)، لأن تطوره يستغرق عدة دقائق (أكثر من 50 min) ويمكن متابعته بالعين المجردة وبأجهزة القياس. (0,5 ن)

2- كمية المادة الابتدائية لشوارد الهيدرونيوم:

$$n_0(H_3O^+) = c\,V = 0{,}3 \times 0{,}1 = 3 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

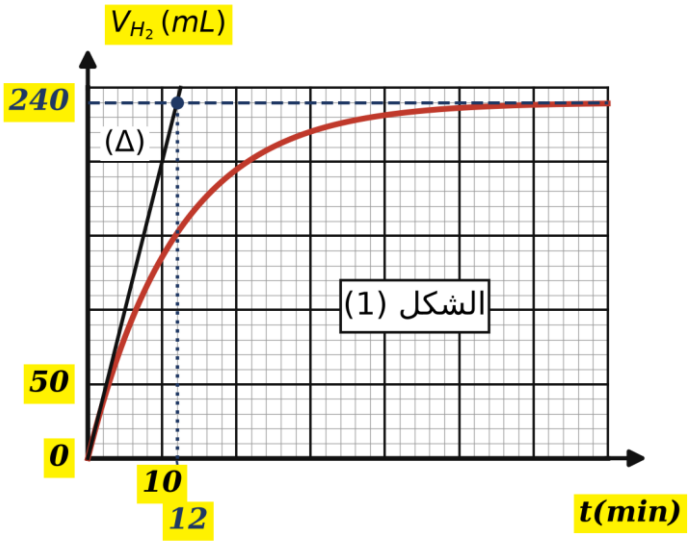
نرمز n_0 لكمية مادة الحديد النقي في العينة. جدول التقدم: (2 ن)

الحالة	التقدم	Fe	$2H_3O^+$	H_2	Fe^{2+}	$2H_2O$
ابتدائية	0	n_0	0,03	0	0	بوفرة
انتقالية	x	$n_0 - x$	$0{,}03 - 2x$	x	x	بوفرة
نهائية	x_f	$n_0 - x_f$	$0{,}03 - 2x_f$	x_f	x_f	بوفرة

أ- من جدول التقدم: $n(H_2) = x$ (0,5 ن) ، ومن جهة أخرى: $n(H_2) = \frac{V_{H_2}}{V_M}$ (0,5 ن) ، ومنه:

$$x(t) = \frac{V_{H_2}(t)}{V_M}$$

(0,5 ن)



ب- من البيان، عند نهاية التحول: $V_{H_2,f} = 240\ \text{mL} = 0{,}24\ \text{L}$ (0,5 ن) ، ومنه:

$$x_f = \frac{V_{H_2,f}}{V_M} = \frac{0{,}24}{24} = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

(0,5 ن)

نفترض أن شوارد الهيدرونيوم هي المتفاعل المحد:

$$0{,}03 - 2x_{\max} = 0 \Rightarrow x_{\max} = 1{,}5 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

(0,5 ن)

التحول تام، فالتقدم النهائي يساوي التقدم الأعظمي، لكن:

$$x_f = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol} < 1{,}5 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

(0,5 ن)

الفرضية مرفوضة، إذن **الحديد هو المتفاعل المحد** (وتبقى شوارد الهيدرونيوم بزيادة). (0,5 ن)

ج- السرعة الحجمية للتفاعل: $v_{\text{vol}} = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$ (0,5 ن) ، وبما أن $x = \frac{V_{H_2}}{V_M}$ و V_M ثابت: (0,5 ن)

$$v_{\text{vol}}(t) = \frac{1}{V}\frac{d}{dt}\left(\frac{V_{H_2}}{V_M}\right) = \frac{1}{V \cdot V_M}\frac{dV_{H_2}(t)}{dt}$$

(0,5 ن)

في اللحظة $t = 0$ ، $\frac{dV_{H_2}}{dt}$ هو ميل المماس (Δ) الذي يمر بالمبدأ وبالنقطة $(12\ \text{min}\ ;\ 240\ \text{mL})$: (0,25 ن)

$$\left(\frac{dV_{H_2}}{dt}\right)_{t=0} = \frac{240}{12} = 20\ \text{mL} \cdot \text{min}^{-1} = 2{,}0 \times 10^{-2}\ \text{L} \cdot \text{min}^{-1}$$

(0,5 ن)

$$v_{\text{vol}}(0) = \frac{2{,}0 \times 10^{-2}}{0{,}1 \times 24} \approx 8{,}3 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$$

(0,75 ن)

III. التعرف على صنف خام الحديد

1- الحديد هو المتفاعل المحد والتحول تام، إذن $n_0 - x_f = 0$ ، ومنه:

$$n_0(\text{Fe}) = x_f = 1{,}0 \times 10^{-2}\ \text{mol}$$

(1 ن)

$$m_0(\text{Fe}) = n_0(\text{Fe}) \times M(\text{Fe}) = 1{,}0 \times 10^{-2} \times 56 = 0{,}56\ \text{g}$$

(1 ن)

النسبة المئوية للحديد النقي:

$$\frac{m_0(\text{Fe})}{m} \times 100 = \frac{0{,}56}{1{,}00} \times 100 = 56$$

أي 56 % . (1,5 ن)

2- نسبة الحديد النقي 56 % أكبر من 50 % (0,5 ن)، إذن خام حديد غار جبيلات **خام غني**. (1 ن)

سلم التنقيط المفصل

السؤال	التوزيع	المجموع
I-1	ثلاثة احتياطات: 3 × 0,5	1,5
I-2	الرسم 1,5 + البيانات 0,5 + طريقة القياس 0,5	2,5
I-3	التجربة 0,5 + النتيجة 0,5	1
II-1	التصنيف 0,5 + التعليل 0,5	1
II-2	كمية مادة الهيدرونيوم 0,5 + جدول التقدم 1,5	2
II-2-أ	علاقة التقدم 0,5 + علاقة الحجم المولي 0,5 + العبارة 0,5	1,5
II-2-ب	القراءة 0,5 + التقدم النهائي 0,5 + الفرضية 0,5 + المقارنة 0,5 + الاستنتاج 0,5	2,5
II-2-ج	التعريف 0,5 + الاشتقاق 1 + الميل 0,75 + القيمة 0,75	3
III-1	كمية مادة الحديد 1 + الكتلة 1 + النسبة المئوية 1,5	3,5
III-2	المقارنة 0,5 + الصنف 1	1,5
المجموع		20

ملاحظة: تقبل كل طريقة حل صحيحة أخرى، وتقبل القيم المقروءة بيانيا في حدود دقة القراءة (مثلا $v_{\text{vol}}(0)$ بين 8×10^{-3} و $9 \times 10^{-3}\ \text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).