

Second semester exam
2025/2026

Activity 1 (10 points)

Part 1: Determination of C(t) and E(t)

A sample of tracer at 320k was injected as a pulse to a reactor, and the effluent concentration was measured as a function of time, resulting in the data shown in the following table:

t (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14
C (g/m ³)	0	1	5	8	10	8	6	4	3.0	2.2	1.5	0.6	0

- 1/ What is a tracer? Why could we use it?
- 2/ Construct figures showing C(t) and E(t) as function of time.

Part 2: Adiabatic reactor

Normal butane (C₄H₁₀) is converted into isobutane in an adiabatic liquid-phase continuous stirred tank reactor (CSTR). The feed contains 90% of n-butane (symbolized as A) and 10% of i-butane (symbolized as B), enters the reactor at temperature of 330k, the total flow rate is 163 kmol/h and the desired conversion is 70%.

- 1/ Give a short description of an adiabatic reactor.
- 2/ Calculate the feed of nC₄H₁₀ at the inlet of the reactor;
- 3/ Knowing that $T = T_0 + \frac{(-\Delta H_r) \cdot X_A}{\sum \theta_i \cdot C_{p,i}}$, calculate the reactor temperature;

In order to determine the volume of the CSTR used in this reaction, we determine the reaction rate by: $-r_A = 31.1 \left(1 - \frac{X}{X_e}\right)$, and the equilibrium conversion by: $X_e = \frac{K_c}{1+K_c}$

- 4/ Determine the required volume of the CSTR to achieve 70% conversion.

Given Data:

$$\Delta H_{RX} = -6900 \text{ J/mol}, \text{ Activation Energy 'E'} = 65,7 \text{ kJ/mol}, C_{A0} = 9,3 \text{ kmol/m}^3, C_{p,n-butane} = 141 \text{ J/mol.k}, C_{p,i-butane} = 161 \text{ J/mol.k}, K_c = 3,03 \text{ at } 60^\circ, V_{CSTR} = \frac{F_{A0} \cdot X}{(-r_A)}$$

Activity 2 (10points)

Part 1: Bioreactors

A bioreactor is a vessel where microorganisms grow and use substrates or enzymes to produce biomass, metabolites, or useful biochemical products such as those used in pollution control.

- 1/ Provide the names of three types of bioreactors;
- 2/ Describe the general working principal of these reactors.

In enzymatic fermentation, two main reactions are taking place.

- 3/ Give the reaction mechanism of each one;
- 4/ What is the main difference between the two types of enzymatic fermentation?

Part 2: Enzymatic fermentation

In 1913, Michaelis and Menten developed a reaction mechanism to explain enzymatic reactions. Their model later became known as Michaelis–Menten kinetics.

1/ What theory did they propose to explain enzymatic fermentation? (Include the reaction mechanism).

2/ Explain the different cases when: $C_A=C_M$, $C_A \gg C_M$ and $C_A \ll C_M$.

Part 3: Check-in the theory of Michaelis-Menten

The proposed reaction mechanism proposed by Michaelis-Menten is divided into two parts: reversible and irreversible; each one is represented by mathematical equation such as:

a/ the rate of formation of EA is given by: $k_1 \cdot C_E \cdot C_A$

b/ the rate of disappearance of EA is given by: $k_2 \cdot C_E \cdot C_A + k_3 C_E \cdot C_A$

c/ the enzyme total concentration is given by: $C_{\text{tot, E}} = C_{EA} + C_0$

Supposed that the rate of formation of EA is equal to the rate of disappearance of EA:

1/ Demonstrate how to obtain the equation of the rate of the reaction r_R .

Part 4: Numeric application

A reactant, called the substrate (A), is converted to product (R) by the action of an enzyme (E), a high molecular weight ($m_w > 10\,000$) protein-like substance. An enzyme is highly specific, catalysing one particular reaction, or one group of reactions. Thus, $A \xrightarrow{\text{enzyme}} R$

Knowing that: $r_R = [EA]k_3 = \frac{k_3 \cdot [E_0] \cdot [A]}{k_M + [A]}$, $k_3 = 100\text{s}^{-1}$, $k_M = 0.05\text{ mol/l}$, $[E_0] 0.001\text{ mol/l}$ and basing on the following values of [A]:

[A] (mol/l)	0.001	0.005	0.01	0.02	0.05	0.10	0.20	0.50	1.00	2.00
-------------	-------	-------	------	------	------	------	------	------	------	------

1/ Calculate the rate of reaction r_R in each case;

2/ Plot the r_R versus [A] function;

3/ Interpret the curve.

Good Luck

إمتحان السداسي الثاني

2026/2025

التمرين 1 (10 نقاط)

الجزء الأول: تحديد C(t) و E(t)

تم حقن عينة من مادة متتبعه عند درجة حرارة 320 k على شكل نبضة في مفاعل، وتم قياس تركيز المادة الخارجة كدالة للزمن، مما أسفر عن البيانات الموضحة في الجدول التالي :

t (min)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14
C (g/m ³)	0	1	5	8	10	8	6	4	3.0	2.2	1.5	0.6	0

1/ ما هو المُتتبع؟ ولماذا يُمكننا استخدامه؟

2/ ارسم أشكالاً بيانية توضح C(t) و E(t) كدالة للزمن.

الجزء الثاني: المفاعل الأديباتي (الحافظ للحرارة)

يُحوّل البيوتان العادي (C₄H₁₀) إلى إيزوبيوتان في مفاعل خزان مُخرّك مستمر ذي طور سائل معزول حراريًا (CSTR). يحتوي المزيج الداخل على 90% من البيوتان العادي (يرمز له بـ A) و10% من الإيزوبيوتان (يرمز له بـ B)، ويدخل المفاعل عند درجة حرارة 330 k، ويبلغ معدل التدفق الكلي 163 كيلومول/ساعة، ونسبة التحويل المطلوبة 70%.

1/ قدم وصفًا موجزًا للمفاعل الأديباتي.

2/ احسب كمية غاز nC₄H₁₀ الداخلة إلى المفاعل.

3/ اذا علمت أن: $T = T_0 + \frac{(-\Delta H_r) \cdot X_A}{\sum \theta_i \cdot C_{p,i}}$ احسب درجة حرارة المفاعل

لتحديد حجم مفاعل الخلط المستمر المستخدم في هذا التفاعل، نحدد سرعة التفاعل

ب: $-r_A = 31.1 \left(1 - \frac{X}{X_e}\right)$ ومعدل التحويل المتوازن ب: $X_e = \frac{K_c}{1+K_c}$

4/ حدد الحجم المطلوب لمفاعل الخلط المستمر لتحقيق نسبة تحويل 70%.

البيانات المعطاة:

$\Delta H_{RX} = -6900 \text{ J/mol}$, Activation Energy 'E' = 65,7kJ/mol, $C_{A0} = 9,3 \text{ kmol/m}^3$, $C_{p,n-butane} =$

141 J/mol.k , $C_{p,i-butane} = 161 \text{ J/mol.k}$, $K_c = 3,03 \text{ at } 60^\circ$, $V_{CSTR} = \frac{F_{A0} \cdot X}{(-r_A)}$.

التمرين 2 (10 نقاط)

الجزء الأول: المفاعلات الحيوية

المفاعل الحيوي هو وعاء تنمو فيه الكائنات الدقيقة وتستخدم الركائز أو الإنزيمات لإنتاج الكتلة الحيوية، أو المستقلبات، أو المنتجات الكيميائية الحيوية المفيدة، مثل تلك المستخدمة في مكافحة التلوث.

1/ اذكر ثلاثة أنواع من المفاعلات الحيوية؛

2/ صف مبدأ عمل هذه المفاعلات بشكل عام.

في التخمر الإنزيمي، يحدث تفاعل رئيسي.

3/ اذكر آلية التفاعل لكل منهما؛

4/ ما هو الفرق الرئيسي بين نوعي التخمر الإنزيمي؟

الجزء الثاني: التخمر الإنزيمي

في عام 1913، وضع مايكليس ومينتن آلية تفاعل لتفسير التفاعلات الإنزيمية. عُرف نموذجهما لاحقًا باسم حركية مايكليس-مينتن.
 1/ ما النظرية التي اقترحتها لتفسير التخمير الإنزيمي؟ (مع ذكر آلية التفاعل).
 2/ اشرح الحالات المختلفة عندما: $CA \ll CM$ ، $CA \gg CM$ ، $CA = CM$.

الجزء الثالث: مراجعة نظرية ميكايليس-مينتن

تنقسم آلية التفاعل المقترحة من قبل ميكايليس-مينتن إلى جزأين: قابل للانعكاس وغير قابل للانعكاس؛ ويُمثل كل منهما بمعادلة رياضية كما يلي:
 أ/ معدل تكوين EA يُعطى بالعلاقة: $k_1 \cdot C_E \cdot C_A$
 ب/ معدل اختفاء EA يُعطى بالعلاقة: $k_2 \cdot C_E \cdot C_A + k_3 \cdot C_E \cdot C_A$
 ج/ التركيز الكلي للإنزيم يُعطى بالعلاقة: $C_{tot, E} = C_{EA} + C_0$
 بافتراض أن معدل تكوين EA يساوي معدل اختفاء EA:
 1/ بيّن كيفية الحصول على معادلة معدل التفاعل r_R .

الجزء الرابع: التطبيق العددي

يتحول أحد المتفاعلات، ويُسمى الركيزة (A)، إلى ناتج (R) بفعل إنزيم (E)، وهو مادة شبيهة بالبروتين ذات وزن جزيئي عالٍ ($m_w > 10000$). يتميز الإنزيم بتخصصه العالي، حيث يحفز تفاعلًا واحدًا محددًا، أو مجموعة واحدة من التفاعلات enzyme R

إذا علمت أن: $r_R = [EA]k_3 = \frac{k_3 \cdot [E_0] \cdot [A]}{k_M + [A]}$ ، $k_3 = 100s^{-1}$ ، $k_M = 0.05 \text{ mol/l}$ ، $[E_0] = 0.001 \text{ mol/l}$ وبناءً على القيم التالية لـ [A]:

[A] (mol/l)	0.001	0.005	0.01	0.02	0.05	0.10	0.20	0.50	1.00	2.00
-------------	-------	-------	------	------	------	------	------	------	------	------

1/ احسب معدل التفاعل r_R في كل حالة؛

2/ ارسم منحنى العلاقة بين r_R وتركيز المادة [A]؛

3/ فسّر المنحنى.

بالتوفيق