



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التربية الوطنية



الديوان الوطني للامتحانات والمسابقات
امتحان بكالوريا التعليم الثانوي

دورة: 2021

الشعبة: تقني رياضي

المدة: 04 سا و 30 د

اختبار في مادة: التكنولوجيا (هندسة الطرائق)

على المترشح أن يختار أحد الموضوعين الآتيين:

الموضوع الأول

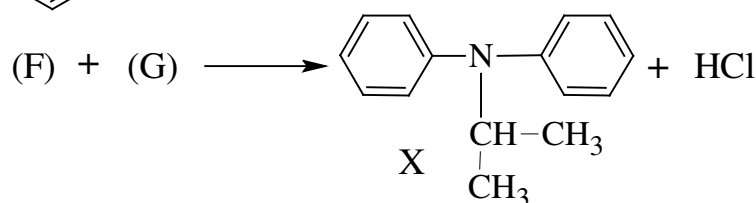
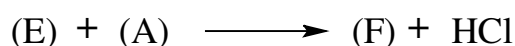
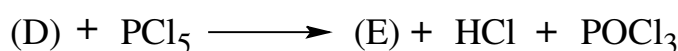
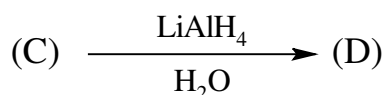
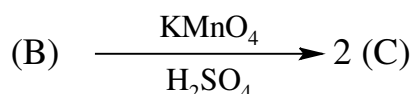
يحتوي الموضوع الأول على (04) صفحات (من الصفحة 1 من 8 إلى الصفحة 4 من 8)

التمرين الأول: (07 نقاط)

(1) يحتوي أمين أروماتي أحادي الوظيفة A على نسبة 15,05% من الآزوت ونسبة 77,42% من الكربون.
- جد الصيغة المجملة للأمين الأروماتي A .

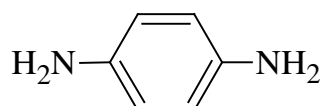
$$M_C=12 \text{ g.mol}^{-1} , M_H=1 \text{ g.mol}^{-1} , M_N=14 \text{ g.mol}^{-1}$$

(2) يدخل الأمين الأروماتي A في تحضير المركب X وفق التفاعلات التالية:

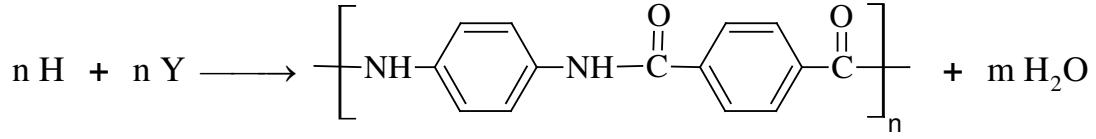


- اكتب الصيغ نصف المفصلة للمركبات A ، B ، C ، D ، E ، F ، G .

(3) انطلاقا من المركب A و HNO_3 ، H_2O ، H_2SO_4 ، LiAlH_4 اقترح طريقة لتحضير المركب H التالي:



(4) يستعمل المركب H لتحضير بوليمير الكفلار Kevlar حسب التفاعل التالي:



أ- استنتج الصيغة نصف المفصلة للمركب Y.

ب- اكتب مقطعا من البوليمير يتكون من وحدتين بنائيتين.

ج- احسب درجة البلمرة إذا علمت أن الكتلة المولية المتوسطة للبوليمير هي $476000 \text{ g.mol}^{-1}$

يعطى: $M_C=12 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_H=1 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_O=16 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_N=14 \text{ g.mol}^{-1}$

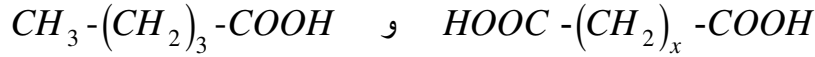
التمرين الثاني: (07 نقاط)

I- أحادي غليسيريـد A له قرينة تصبن $I_s = 186,66$.

(1) جد الكتلة المولية لأحادي الغليسيريـد A.

(2) أكسدة الحمض الدهني B الذي يدخل في تركيب أحادي الغليسيريـد A ببرمنغنات البوتاسيوم المركزة بوجود

حمض الكبريت المركز تعطي:



أ- استنتج الصيغة نصف المفصلة للحمض الدهني B.

ب- احسب قرينة الحموضة للحمض الدهني B.

(3) أعط الصيغ نصف المفصلة الممكنة لأحادي الغليسيريـد A.

(4) تتكون مادة دهنية لها قرينة تصبن $I_s = 203,16$ من X% أحادي الغليسيريـد A و Y% من الحمض الدهني B.

أ- جد التركيب المئوي لمكونات المادة الدهنية.

ب- احسب قرينة اليود للمادة الدهنية.

يعطى: $M_C=12 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_H=1 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_O=16 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_K=39 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_I=127 \text{ g.mol}^{-1}$

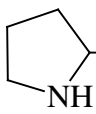
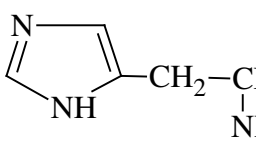
II- لديك رباعي الببتيد : A-B-C-D

- يعطي الحمض الأميني B مع الننهيدرين اللون الأصفر.

- يتفاعل الحمض الأميني C مع $\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{OH}$ فيتشكل أستر كتلته المولية $M=117 \text{ g.mol}^{-1}$.

- نسبة الأزوت في الحمض الأميني D هي 18,66%.

تعطى الأحماض الأمينية المكونة لرباعي الببتيد السابق في الجدول الآتي:

الحمض الأميني	صيغته	رمزه	كتلته المولية g.mol ⁻¹	pKa ₁	pKa ₂	pKa _R
الألانين	$\text{CH}_3-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	Ala	89	2,34	9,69	/
الغليسين	$\text{H}-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\text{COOH}$	Gly	75	2,34	9,60	/
البرولين		Pro	115	1,99	10,60	/
الهستيدين		His	155	1,82	9,17	6,00

(1) حدّد الأحماض الأمينية A ، B ، C ، D .

(2) اكتب الصيغة نصف المفصلة لرباعي الببتيد السابق.

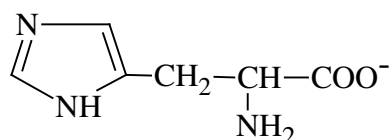
(3) أعطِ الصيغة نصف المفصلة لرباعي الببتيد عند pH=1

(4) تتأين الأحماض الأمينية بتغير قيمة الـ pH:

أ- اكتب الصيغ الأيونية للحمض الأميني الهستيدين عند تغير pH من 1 إلى 12 .

ب- استنتج الصيغتين الأيونيتين للهستيدين عند pH=3 مع تحديد الصيغة السائدة.

ج- حدّد مجال الـ pH الذي يهجر فيه الحمض الأميني الهستيدين على الشكل التالي:



التمرين الثالث: (06 نقاط)

I-

(1) لتحديد السعة الحرارية لمسر، نضع فيه $m_1 = 200 \text{ g}$ من الماء فوجدنا درجة الحرارة عند قياسها $T_1 = 24^\circ \text{C}$

ثم نضيف $m_2 = 300 \text{ g}$ من الماء درجة حرارته $T_2 = 45^\circ \text{C}$ وبعد الاتزان نجد درجة الحرارة $T_f = 35,5^\circ \text{C}$.

- جدّ السعة الحرارية C_{cal} لهذا المسر.

يعطى: $c_{\text{H}_2\text{O}(\ell)} = 4,185 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$

(2) تحترق كتلة m_3 من غاز الميثان $CH_{4(g)}$ في المسعر السابق يحتوي على $m_4 = 500 \text{ g}$ من الماء فترتفع درجة

$$\Delta T = 34 \text{ K}$$

أ- اكتب معادلة الاحتراق التام لغاز الميثان إلى $CO_{2(g)}$ و $H_2O_{(l)}$.

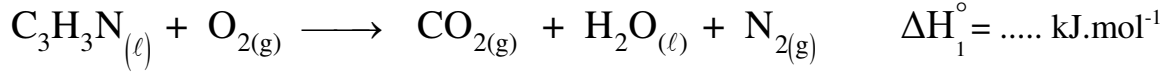
ب- احسب كمية الحرارة Q الناتجة عن احتراق غاز الميثان.

ج- استنتج الكتلة m_3 لغاز الميثان $CH_{4(g)}$

$$\text{يعطى: } \Delta H_{\text{comb}}^{\circ}(CH_4)_g = -890,7 \text{ kJ.mol}^{-1}, M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}, M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$$

-II

(1) يحترق $0,5 \text{ mol}$ من الأكريلونتريل السائل عند 298 K وضغط 1 atm ناشرا حرارة قدرها $Q = -881 \text{ kJ}$ وفق التفاعل الآتي:



أ- وازن معادلة تفاعل احتراق الأكريلونتريل السائل.

ب- استنتج قيمة ΔH_1° .

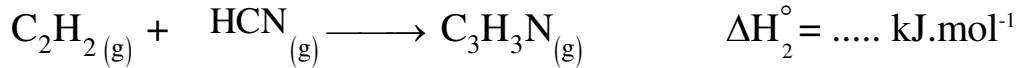
ج- احسب انطالبي التشكل للأكريلونتريل السائل علما أن:

$$\Delta H_f^{\circ}(CO_{2(g)}) = -393,5 \text{ kJ.mol}^{-1}; \quad \Delta H_f^{\circ}(H_2O_{(l)}) = -286 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

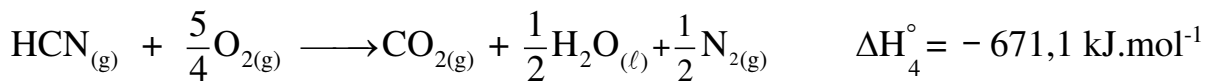
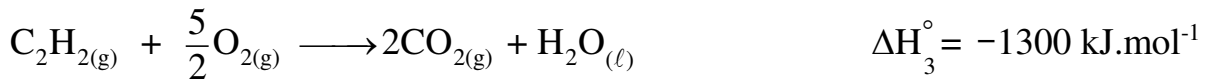
د- جد التغير في الطاقة الداخلية لتفاعل الاحتراق.

$$\text{يعطى: } R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1}.K^{-1}$$

(2) يتشكل الأكريلونتريل الغازي انطلاقا من الأسيتيلين وحمض السيانيك وفق التفاعل الآتي:



- احسب الانطالبي ΔH_2° عند 298° K علما أن:



$$\Delta H_{\text{vap}}^{\circ}(C_3H_3N_{(l)}) = 32,64 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

الموضوع الثاني

يحتوي الموضوع الثاني على (04) صفحات (من الصفحة 5 من 8 إلى الصفحة 8 من 8)

التمرين الأول: (07 نقاط)

1) مركبان عضويان (A) و (B) لهما نفس الصيغة المجملة C_nH_{2n} و أكسدتهما بالأوزون المتبوعة بالإمهاء

تنتج مركبين (C) و (D) لهما نفس الكثافة البخارية بالنسبة للهواء $d = 2$.

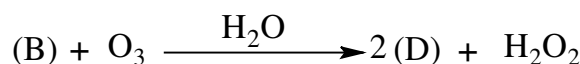
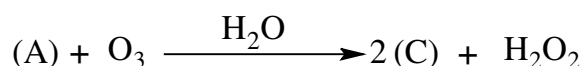
- يتفاعل المركب (C) مع الـ DNPH و يعطي نتيجة إيجابية مع محلول فهلينغ.

- يتفاعل المركب (D) مع الـ DNPH و لا يتفاعل مع محلول فهلينغ.

أ- جد الصيغة المجملة ثم الصيغة نصف المفصلة لكل من المركبين (C) و (D).

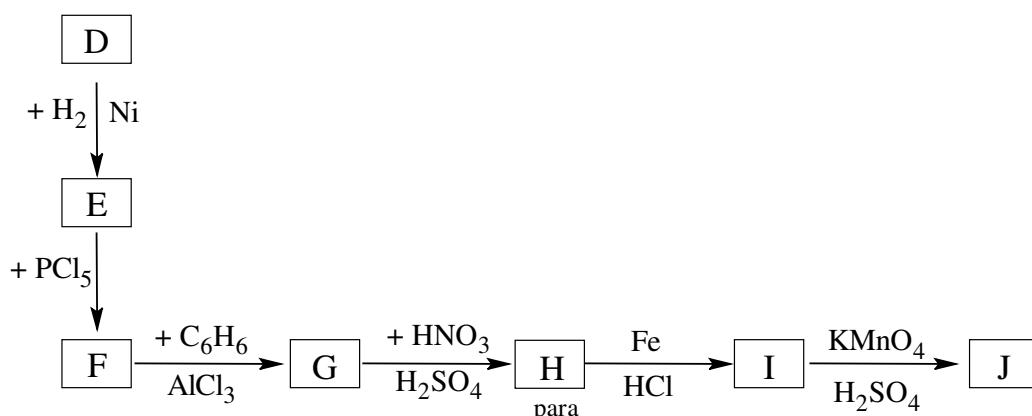
يعطى: $M_C = 12 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$, $M_O = 16 \text{ g.mol}^{-1}$

ب- من خلال التفاعلين التاليين:



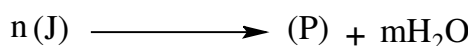
- استنتج الصيغة نصف المفصلة لكل من المركبين (A) و (B).

2) من أجل تحضير البوليمير (P) نجري انطلاقاً من المركب (D) سلسلة التفاعلات التالية:



أ- أعط الصيغ نصف المفصلة للمركبات من (E) إلى (J).

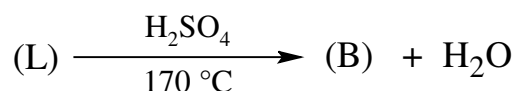
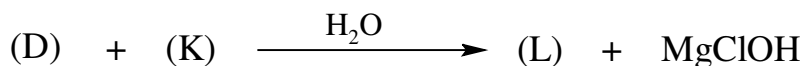
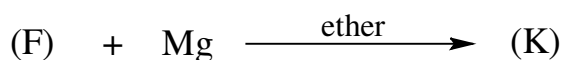
ب- بلمرة المركب (J) تعطي البوليمير (P):



- جد الصيغة نصف المفصلة للبوليمير (P).

ج- مثل مقطعاً من البوليمير (P) يتكون من ثلاث وحدات بنائية.

3) يمكن الحصول على المركب (B) انطلاقا من المركبين (D) و (F) وفق التفاعلات الآتية:



- اكتب الصيغة نصف المفصلة لكل من (K) و (L).

4) اقترح سلسلة التفاعلات التي تسمح بتحضير المركب (A) انطلاقا من:

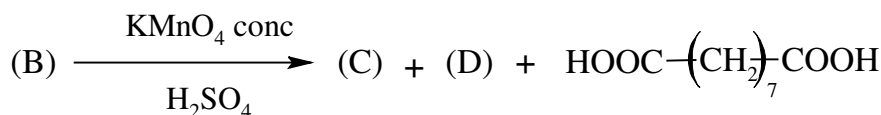
المركب (C) و Ni ، H₂ ، H₂SO₄/Δ ، H₂O ، Ether ، Mg ، PCl₅.

التمرين الثاني: (07 نقاط)

I- لديك الحمضين الدهنيين (A) و (B) التاليين:

- الحمض الدهني (A) له قرينة الحموضة I_a=218,75 و قرينة اليود I_i=0.

- أكسدة الحمض الدهني (B) بـ KMnO₄ المركزة في وسط حمضي أعطت ثلاثة أحماض وفق التفاعل التالي:



الحمض (C) أحادي الوظيفة الحمضية كتلته المولية 116 g.mol⁻¹ و الحمض (D) ثنائي الوظيفة الحمضية

صيغته المجمل C₃H₄O₄.

1) احسب الكتلة المولية للحمض الدهني (A) ثم استنتج صيغته نصف المفصلة.

2) جد الصيغة نصف المفصلة لكل من الحمضين (C) و (D).

3) حدّد الصيغة نصف المفصلة للحمض الدهني (B) علما أنه يحتوي على رابطة مضاعفة في ذرة الكربون رقم 9.

4) اكتب معادلة تفاعل هلجنة الحمض الدهني (B) باليود.

5) يرتبط الغليسيرول مع جزيئتين من الحمض الدهني (B) في الموضعين α و β وجزيئة من الحمض الدهني A

لينتج المركب X.

أ- ما طبيعة المركب X؟

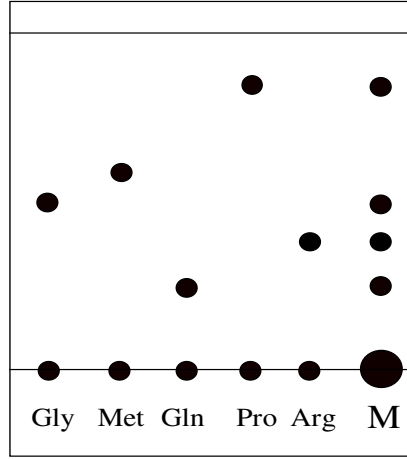
ب- اكتب معادلة تفاعل تشكل المركب X.

ج- احسب قرينة التصبن و قرينة اليود للمركب X.

يعطى: M_C=12 g.mol⁻¹، M_H=1 g.mol⁻¹، M_O=16 g.mol⁻¹، M_K=39 g.mol⁻¹، M_I=127 g.mol⁻¹

-II

الريجين (Rigin) هو رباعي بيتيد يقوي المناعة و يساهم في زيادة تكوين المركبات الأكسيجينية اللازمة في الجسم. ينتج عن التحلل المائي للريجين مزيج M من الأحماض الأمينية، وللتعرف عليه نقوم بالتحليل الكروماتوغرافي للمزيج و النتائج موضحة في الكروماتوغرام التالي:

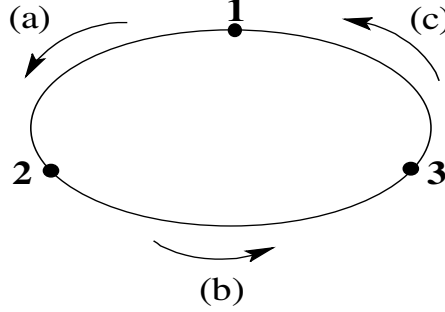


- (1) استنتج الأحماض الأمينية الموجودة في المزيج M.
- (2) أ- اكتب الصيغة نصف المفصلة لرباعي الببتيد (الريجين): Gly - Gln - Pro - Arg .
ب- أعط اسم رباعي الببتيد السابق.
- (3) أأخذ الأحماض الأمينية المكونة للريجين عبارة عن حمض أميني قاعدي ذو $pH_i = 10,76$.
- احسب قيمة pK_{aR} الموافقة له.
- يعطى: $pK_{a_1} = 2,17$ ، $pK_{a_2} = 9,04$
- (4) مَثِّل الماكبات الضوئية للحمض الأميني الميثيونين Met
- (5) اكتب الصيغ الأيونية للحمض الأميني Pro عند تغير قيم الـ pH من 1 الى 12.
- يعطى: $pK_{a_1} = 1,99$ ، $pK_{a_2} = 10,60$

الرمز	Arg	Pro	Gln	Gly	Met
الحمض الأميني	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ (\text{CH}_2)_3 \\ \\ \text{NH} \\ \\ \text{C}=\text{NH} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{N} \\ \\ \text{H} \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ (\text{CH}_2)_2 \\ \\ \text{C}=\text{O} \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	$\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{CH}-\text{CH}_3 \\ \\ \text{OH} \end{array}$

التمرين الثالث: (06 نقاط)

يخضع 1 mole من غاز مثالي يتميز بـ ($P_1 = 1,97 \text{ atm}$ ، $V_1 = 14 \text{ L}$) للتحويلات العكسية وفق الدورة الآتية:



- التحوّل (a): تمدد عند ضغط ثابت $P = C^{ste}$ من الحالة 1 إلى الحالة 2 التي يضاعف فيها حجمه.

- التحوّل (b): انضغاط عند درجة حرارة ثابتة $T = C^{ste}$ من الحالة 2 إلى الحالة 3 يعيده إلى حجمه الأول V_1 .

- التحوّل (c): تبريد عند حجم ثابت $V = C^{ste}$ من الحالة 3 يرجعه إلى الحالة 1.

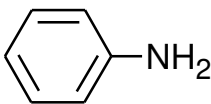
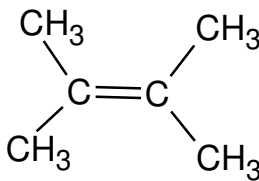
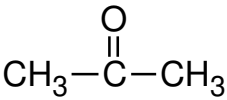
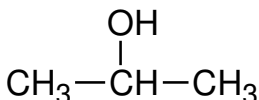
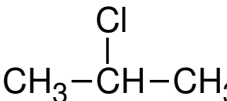
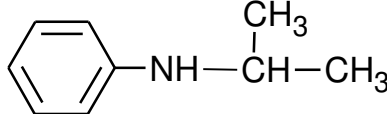
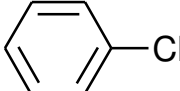
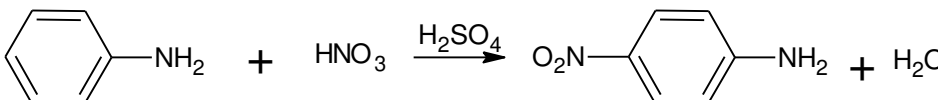
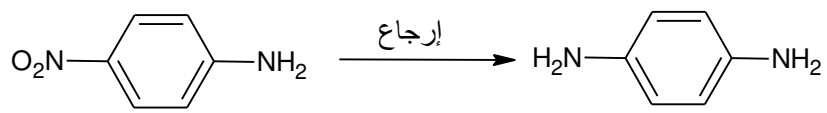
(1) جد قيم كل من: T_1 ، T_2 ، T_3 ، V_2 ، V_3 ، P_2 و P_3 .

(2) مثل مختلف تحولات الغاز على البيان $P = f(V)$.

(3) أ- أعط العلاقة الحرفية للعمل: $W_{1 \rightarrow 2}$ و $W_{2 \rightarrow 3}$ بدلالة P_1 و V_1 .

ب- احسب قيمة كل من $W_{1 \rightarrow 2}$ ، $W_{2 \rightarrow 3}$ ، $W_{3 \rightarrow 1}$ ، $Q_{1 \rightarrow 2}$ ، $Q_{2 \rightarrow 3}$ ، $Q_{3 \rightarrow 1}$.

يعطى : $\ln 2 = 0,69$ ، $1 \text{ L.atm} = 101,3 \text{ J}$ ، $R = 0,082 \text{ L.atm.K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$ ، $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$

العلامة		عناصر الإجابة (الموضوع الأول)
مجموعة	مجزأة	
01,50		التمرين الأول: (07 نقاط) (1) إيجاد الصيغة الجزيئية للأمين الأروماتي A . بما أن المركب A أمين احادي الوظيفة تكون صيغته الجزيئية من الشكل: C_xH_yN $\frac{M}{100} = \frac{14}{15,05} \Rightarrow M = \frac{14 \times 100}{15,05}$ $M = 93 \text{ g.mol}^{-1}$ $\frac{M}{100} = \frac{12x}{77,42} \Rightarrow x = \frac{93 \times 77,42}{1200}$ $x = 6$ $12x + y + 14 = 93$ $y = 93 - 14 - (12 \times 6)$ $y = 7$
	0,50	
	0,25	
	0,25	
	0,50	
03,50		– الصيغة الجزيئية للمركب A هي: C_6H_7N (2) كتابة الصيغ نصف المفصلة للمركبات A, B, C, D, E, F, G : A  B  C  D  E  F  G 
	0,50 × 7	
00,50	0,25	(3) اقتراح طريقة لتحضير المركب H انطلاقا من المركب A: 
	0,25	 يقبل أي عامل مرجع مناسب

العلامة		عناصر الإجابة (الموضوع الأول)
مجموعة	مجزأة	
01,50	0,50	(4) أ- استنتاج الصيغة نصف المفصلة للمركب Y: $\text{HOOC}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COOH}$
	0,50	ب- كتابة مقطع من البوليمر يتكون من وحدتين بنائيتين: $\cdots -\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}-\text{C}(=\text{O})-\text{C}_6\text{H}_4-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}-\cdots$
	0,25	ج- حساب درجة البلمرة: $n = \frac{M_p}{M_m}$ $M_m = 14M_C + 10M_H + 2M_O + 2M_N$ $M_m = 238 \text{ g.mol}^{-1}$
	0,25	$n = \frac{476000}{238} \Rightarrow \boxed{n = 2000}$
00,25		التمرين الثاني: (07 نقاط) I- (1) إيجاد الكتلة المولية لأحادي الغليسريد A: $1 \text{ mol (MG)} \longrightarrow 1 \text{ mol (KOH)}$ $M_A \rightarrow M_{\text{KOH}}$ $M_A \rightarrow 56$ $1 \text{ g} \rightarrow I_s \times 10^{-3}$
	0,25	$M_A = \frac{56}{I_s \times 10^{-3}} \Rightarrow \boxed{M_A = 300 \text{ g.mol}^{-1}}$
01,00		(2) أ- استنتاج الصيغة نصف المفصلة للحمض الدهني B: $M_A + M_{\text{H}_2\text{O}} = M_{\text{Glycérol}} + M_B$ $M_B = M_A + M_{\text{H}_2\text{O}} - M_{\text{Glycérol}}$
	0,25	$M_B = 300 + 18 - 92 = \boxed{226 \text{ g.mol}^{-1}}$ بما أن أكسدة الحمض الدهني B تعطي حمضين $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{COOH} \quad , \quad \text{HOOC}-(\text{CH}_2)_x-\text{COOH}$ فهو يحتوي رابطة مزدوجة واحدة وتكون صيغته نصف المفصلة على الشكل: $\text{CH}_3-(\text{CH}_2)_3-\text{CH}=\text{CH}-(\text{CH}_2)_x-\text{COOH}$

العلامة		عناصر الإجابة (الموضوع الأول)
مجموع	مجزأة	
01,00	0,25	$M = 15 + 42 + 26 + 14x + 45 = 226$ $14x = 226 - 128$ $x = \frac{98}{14} = \boxed{7}$
	0,25	الصيغة نصف المفصلة للحمض الدهني B هي: $CH_3 - (CH_2)_3 - CH = CH - (CH_2)_7 - COOH$
	0,25	ب- حساب قرينة الحموضة للحمض الدهني B $1mol (AG) \longrightarrow 1mol (KOH)$ $M_{AG} \longrightarrow M_{KOH}$ $M_{AG} \longrightarrow 56$ $1g \longrightarrow I_a \times 10^{-3}$ $I_a = \frac{56}{226 \times 10^{-3}} \Rightarrow \boxed{I_a = 247,79}$
	0,50 × 2	(3) الصيغ نصف المفصلة الممكنة لأحادي الغليسريد A: $\begin{array}{c} CH_2-O-C(=O) \\ \\ CH-OH \\ \\ CH_2-OH \end{array}$ $(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_3-CH_3$ $\begin{array}{c} CH_2-OH \\ \\ CH-O-C(=O) \\ \\ CH_2-OH \end{array}$ $(CH_2)_7-CH=CH-(CH_2)_3-CH_3$
01,25	0,25 × 2	(4) أ- ايجاد التركيب المئوي لمكونات المادة الدهنية: $\begin{cases} I_s = \frac{x}{100} \times I_{s(MG)} + \frac{y}{100} \times I_{a(AG)} \\ x + y = 100 \end{cases}$ $\begin{cases} 203,16 = \frac{x}{100} \times 186,66 + \frac{y}{100} \times 247,79 \\ x = 100 - y \end{cases}$ $203,16 = \frac{100-y}{100} \times 186,66 + \frac{y}{100} \times 247,79$ $203,16 = 1,8666(100 - y) + 2,4779y$ $\boxed{y = 27\%} \quad x = 100 - y \Rightarrow \boxed{x = 73\%}$

العلامة		عناصر الإجابة (الموضوع الأول)
مجموع	مجزأة	
00,25	0,25	(2) كتابة الصيغة نصف المفصلة للبيتيد السابق: $\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{CH}_2}{\underset{\text{NH}}{\text{C}}}=\text{CH}-\text{C}(=\text{O})-\text{N}(\text{C}_4\text{H}_8)-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
00,25	0,25	(3) الصيغة نصف المفصلة للبيتيد السابق عند $pH = 1$: $\text{H}_3\text{N}^+-\underset{\text{CH}_2}{\underset{\text{NH}}{\text{C}}}=\text{CH}-\text{C}(=\text{O})-\text{N}(\text{C}_4\text{H}_8)-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-\text{CH}_2-\text{COOH}$
02,00	0,25 $\times$ 4	(4) أ- الصيغ الأيونية للحمض الأميني الهستدين عند تغير pH من 1 إلى 12: $pK_{a1}=1,82$ $pK_{aR}=6,00$ $pH_i=7,58$ $pK_{a2}=9,17$ pH $\text{H}_3\text{N}^+-\underset{\text{CH}_2}{\underset{\text{NH}}{\text{C}}}=\text{CH}-\text{COOH} \xrightleftharpoons[\text{H}^+]{\text{OH}^-} \text{H}_3\text{N}^+-\underset{\text{CH}_2}{\underset{\text{NH}}{\text{C}}}=\text{CH}-\text{COO}^- \xrightleftharpoons[\text{H}^+]{\text{OH}^-} \text{H}_3\text{N}^+-\underset{\text{CH}_2}{\underset{\text{N}}{\text{C}}}=\text{CH}-\text{COO}^- \xrightleftharpoons[\text{H}^+]{\text{OH}^-} \text{H}_2\text{N}-\underset{\text{CH}_2}{\underset{\text{N}}{\text{C}}}=\text{CH}-\text{COO}^-$
	0,25 $\times$ 2	ب- الصيغ الأيونية للهستدين عند $pH = 3$ $pH = 3 \Rightarrow pK_{a1} < pH < pK_{aR} = \frac{1,82 + 6,00}{2} = 3,91$ $\text{H}_3\text{N}^+-\underset{\text{CH}_2}{\underset{\text{NH}}{\text{C}}}=\text{CH}-\text{COOH} \quad ; \quad \text{H}_3\text{N}^+-\underset{\text{CH}_2}{\underset{\text{NH}}{\text{C}}}=\text{CH}-\text{COO}^-$ الصيغة السائدة:
	0,25	ج- مجال الـ pH الذي يهجر فيه الهستدين على الشكل A^-: $pH > pH_i \Rightarrow pH > 7,58$
	0,25	

العلامة		عناصر الإجابة (الموضوع الأول)
مجموع	مجزأة	
00,75		التمرين الثالث: (06 نقاط)
		I
		(1) إيجاد السعة الحرارية C_{cal} للمسعر:
	0,25	$m_1=200g$, $T_1=24^{\circ}C$, $m_2=300g$, $T_2=45^{\circ}C$, $T_f=35,5^{\circ}C$ $m_1c_e(T_f - T_1) + C_{cal}(T_f - T_1) + m_2c_e(T_f - T_2) = 0$ $200 \times 4,185(35,5 - 24) + C_{cal}(35,5 - 24) + 300 \times 4,185(35,5 - 45) = 0$ $200 \times 4,185(11,5) + C_{cal}(11,5) + 300 \times 4,185(9,5) = 0$
02,00	0,50	$C_{cal} = \frac{2301,75}{11,5} = 200,15 \text{ J.K}^{-1}$
		(2) أ- كتابة معادلة احتراق غاز الميثان :
	0,50	$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$
		ب- حساب كمية الحرارة Q الناتجة عن احتراق غاز الميثان:
02,50	0,25	$\sum Q = Q_e + Q_{cal} + Q_{comb} = 0$ $Q_{cal} = C_{cal} \Delta T$ $Q_e = m_e c_e \Delta T$ $Q_{comb} = -Q_e - Q_{cal}$ $Q_{comb} = -C_{cal} \Delta T - m_1 c_e \Delta T$ $Q_{comb} = -(200 \times 34) - (500 \times 4,185 \times 34) = -77945 \text{ J}$
	0,50	$Q_{comb} = -77,945 \text{ kJ}$
		ج- استنتاج الكتلة m_3 لغاز الميثان $CH_{4(g)}$:
	0,25	$Q_{comb} = n \times \Delta H_{(comb)}$ $Q_{comb} = \frac{m_3}{M_{CH_4}} \times \Delta H_{(comb)}$
02,50	0,50	$m_3 = \frac{Q_{comb} \times M_3}{\Delta H_{(comb)}} = \frac{-77,945 \times 16}{-890,7} \quad \boxed{m_3 = 1,4 \text{ g}}$
		II (1) أ- موازنة معادلة تفاعل احتراق الأكريلونتريل السائل:
	0,50	$C_3H_3N_{(l)} + \frac{15}{4}O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + \frac{3}{2}H_2O_{(l)} + \frac{1}{2}N_{2(g)}$
		ب- استنتاج ΔH_1° :
	0,25	$\Delta H_1^{\circ} = \frac{Q}{n}$; $\Delta H_1^{\circ} = \frac{-881}{0,50} \Rightarrow$
	0,25	$\Delta H_1^{\circ} = -1762 \text{ kJ.mol}^{-1}$

العلامة		عناصر الإجابة (الموضوع الأول)
مجموع	مجزأة	
00,75	0,25	ج- حساب انطالبي التشكل للأكريلونتريل السائل: $\Delta H_1^{\circ} = 3\Delta H_{f(\text{CO}_{2(g)})}^{\circ} + \frac{3}{2}\Delta H_{f(\text{H}_2\text{O}_{(l)})}^{\circ} + \frac{1}{2}\Delta H_{f(\text{N}_{2(g)})}^{\circ} - \Delta H_{f(\text{C}_3\text{H}_3\text{N}_{(l)})}^{\circ} - \frac{15}{4}\Delta H_{f(\text{O}_{2(g)})}^{\circ}$ $\Delta H_{f(\text{C}_3\text{H}_3\text{N}_{(l)})}^{\circ} = 3\Delta H_{f(\text{CO}_{2(g)})}^{\circ} + \frac{3}{2}\Delta H_{f(\text{H}_2\text{O}_{(l)})}^{\circ} - \Delta H_1^{\circ}$
	0,25	$\Delta H_{f(\text{C}_3\text{H}_3\text{N}_{(l)})}^{\circ} = 3 \times (-393,5) + \frac{3}{2}(-286) - (-1762)$
	0,25	$\Delta H_{f(\text{C}_3\text{H}_3\text{N}_{(l)})}^{\circ} = 152,5 \text{ kJ.mol}^{-1}$
	0,25	د- إيجاد التغير في الطاقة الداخلية لتفاعل الاحتراق: $\Delta H = \Delta U + \Delta n_g \times RT \Rightarrow \Delta U = \Delta H - \Delta n_g \times RT$
	0,25	$\Delta n_g = 3 + \frac{1}{2} - \frac{15}{4} = -\frac{1}{4}$
	0,25	$\Delta U = -1762 - \left(-\frac{1}{4} \times 8,314 \times 10^{-3} \times 298\right)$
	0,25	$\Delta U = -1761,38 \text{ kJ.mol}^{-1}$
	0,25	(2) حساب الانطالبي ΔH_2° عند 298K : $-1 \times \left(\text{C}_3\text{H}_3\text{N}_{(l)} + \frac{15}{4}\text{O}_{2(g)} \longrightarrow 3\text{CO}_{2(g)} + \frac{3}{2}\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \frac{1}{2}\text{N}_{2(g)} \quad \Delta H_1^{\circ} = -1762 \text{ kJ.mol}^{-1} \right)$
	0,25	$1 \times \left(\text{C}_2\text{H}_{2(g)} + \frac{5}{2}\text{O}_{2(g)} \longrightarrow 2\text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \quad \Delta H_3^{\circ} = -1300 \text{ kJ.mol}^{-1} \right)$
	0,25	$1 \times \left(\text{HCN}_{(g)} + \frac{5}{4}\text{O}_{2(g)} \longrightarrow \text{CO}_{2(g)} + \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}_{(l)} + \frac{1}{2}\text{N}_{2(g)} \quad \Delta H_4^{\circ} = -671,1 \text{ kJ.mol}^{-1} \right)$
	0,25	$1 \times \left(\text{C}_3\text{H}_3\text{N}_{(l)} \longrightarrow \text{C}_3\text{H}_3\text{N}_{(g)} \quad \Delta H_{\text{vap}}^{\circ} = 32,64 \text{ kJ.mol}^{-1} \right)$
	0,25	$\text{C}_2\text{H}_{2(g)} + \text{HCN}_{(g)} \longrightarrow \text{C}_3\text{H}_3\text{N}_{(g)} \quad \Delta H_2^{\circ} = ?$
	0,25	$\Delta H_2^{\circ} = -\Delta H_1^{\circ} + \Delta H_3^{\circ} + \Delta H_4^{\circ} + \Delta H_{\text{vap}}^{\circ}$ $\Delta H_2^{\circ} = -(-1762) - 1300 - 671,1 + 32,64$
	0,25	$\Delta H_2^{\circ} = -176,46 \text{ kJ.mol}^{-1}$

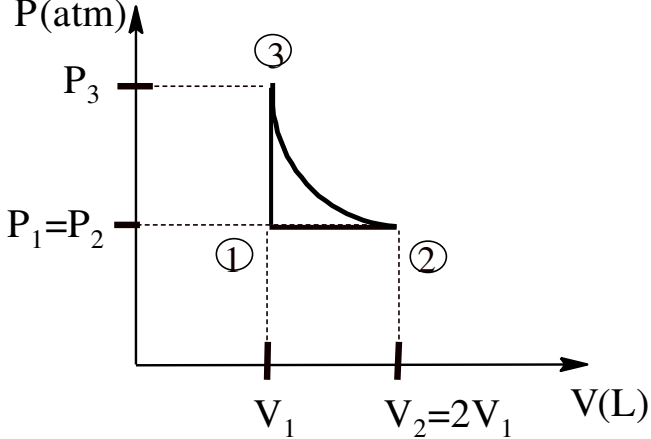
العلامة		عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)
مجموع	مجزأة	
03,00		التمرين الأول: (07 نقاط)
		(1)
		أ- إيجاد الصيغة المجملة و الصيغة نصف المفصلة لكل من المركبين (C) و (D).
	0,25	$d = \frac{M}{29} \Rightarrow M = d \times 29$ $M = 2 \times 29 = 58 \text{ g.mol}^{-1}$
	0,25	(C) و (D) يتفاعلان مع DNPH إذن هما مركبان كربونيليان صيغتهما من الشكل $C_nH_{2n}O$
	0,50	$M_{(C)} = M_{(D)} = 12n + 2n + 32 = 58$ $58 = 14n + 32 \Rightarrow \boxed{n = 3}$
02,50	0,50	الصيغة المجملة للمركبين (C) و (D) هي: C_3H_6O المركب (C) هو ألدهيد صيغته نصف المفصلة :
	0,50	$\begin{array}{c} O \\ \\ CH_3-CH_2-C-H \end{array}$
	0,50	المركب (D) هو سيتون صيغته نصف المفصلة :
	0,50	$\begin{array}{c} O \\ \\ CH_3-C-CH_3 \end{array}$
	2	ب- الصيغة نصف المفصلة لكل من المركبين (A) و (B):
	0,50	$CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH_3 \quad \quad \quad \begin{array}{c} CH_3 \\ \\ CH_3-C=CH-CH_3 \\ \\ CH_3 \end{array}$ (A) (B)
02,50		(2)
		أ- إيجاد الصيغ نصف المفصلة للمركبات من (E) إلى (J):
	6	$\begin{array}{c} OH \\ \\ CH_3-CH-CH_3 \end{array} \quad \begin{array}{c} Cl \\ \\ CH_3-CH-CH_3 \end{array} \quad \begin{array}{c} CH_3-CH-CH_3 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$
	x	(E) (F) (G)
	0,25	$\begin{array}{c} CH_3-CH-CH_3 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ NO_2 \end{array} \quad \begin{array}{c} CH_3-CH-CH_3 \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ NH_2 \end{array} \quad \begin{array}{c} COOH \\ \\ \text{C}_6\text{H}_4 \\ \\ NH_2 \end{array}$
		(H) (I) (J)

العلامة		عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)
مجموع	مجزأة	
01,00	0,50	ب- الصيغة نصف المفصلة للبوليمير (P): $\left[\text{NH} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}(=\text{O}) \right]_n$ (P)
	0,50	ج- مقطع من البوليمير (P) يتكون من ثلاث وحدات بنائية: $\dots - \text{NH} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}(=\text{O}) - \text{NH} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}(=\text{O}) - \text{NH} - \text{C}_6\text{H}_4 - \text{C}(=\text{O}) - \dots$
	2 x 0,50	3) كتابة الصيغة نصف المفصلة لكل من (K) و (L). $\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \\ \text{MgCl} \end{array}$ (K) $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_3 - \text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \quad \\ \text{OH} \quad \text{CH}_3 \end{array}$ (L)
	0,50	4) سلسلة التفاعلات التي تسمح بتحضير المركب (A): $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{H} + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Ni}} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + \text{PCl}_5 \longrightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl}$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Cl} + \text{Mg} \xrightarrow{\text{Ether}} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{MgCl}$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(=\text{O})\text{H} + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{MgCl} \xrightarrow{\text{H}_2\text{O}} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{MgClOH}$ $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 \xrightarrow[\Delta]{\text{H}_2\text{SO}_4} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}=\text{CHCH}_2\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (A)
00,75	0,25	التمرين الثاني: (07 نقاط) I - 1) حساب الكتلة المولية للحمض الدهني (A) $\left. \begin{array}{l} M_{(A)} \longrightarrow 10^3 M_{\text{KOH}} \\ 1 \text{ g} \longrightarrow I_a \end{array} \right\} \Rightarrow M_{(A)} = \frac{10^3 M_{\text{KOH}}}{I_a} = \frac{56 \times 1000}{218,75} = 256$ $M_{(A)} = 256 \text{ g.mol}^{-1}$

العلامة		عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)
مجموع	مجزأة	
00,50	0,25	الصيغة نصف المفصلة لـ (A) $C_n H_{2n} O_2$ $M_{(A)} = 12n + 12n + 32 \Rightarrow n = \frac{256-32}{14} \quad \boxed{n = 16}$ ومنه الصيغة نصف المفصلة للحمض الدهني (A):
	0,25	$CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$ كما يمكن الإجابة بالطريقة التالية: $CH_3-(CH_2)_x-COOH$ $M_{(A)} = 15 + 14x + 45$ $256 = 14x + 60 \Rightarrow \boxed{x = 14} \quad CH_3-(CH_2)_{14}-COOH$
		(2) إيجاد الصيغة نصف المفصلة لكل من الحمضين (C) و (D) . الحمض (C) أحادي الوظيفة الحمضية : $CH_3-(CH_2)_n-COOH$ $M_{(C)} = 116 = 15 + 14n + 45$ $116 = 14n + 60 \quad \boxed{n = 4}$ ومنه تصبح صيغته نصف المفصلة:
	0,25	$CH_3-(CH_2)_4-COOH$ الصيغة نصف المفصلة للحمض (D):
	0,25	$HOOC-CH_2-COOH$ (3) الصيغة نصف المفصلة للحمض الدهني (B):
	0,25	$CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH$ (4) معادلة تفاعل هلجنة الحمض الدهني (B) باليود:
	0,25	$CH_3-(CH_2)_4-CH=CH-CH_2-CH=CH-(CH_2)_7-COOH + 2 I_2$ $CH_3-(CH_2)_4-\overset{I}{\underset{ }{CH}}-\overset{I}{\underset{ }{CH}}-CH_2-\overset{I}{\underset{ }{CH}}-\overset{I}{\underset{ }{CH}}-(CH_2)_7-COOH$

العلامة		عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)
مجموع	مجزأة	
01,50	0,25	(5) أ- طبيعة المركب X عبارة عن ثلاثي غليسيريدي (تقبل الإجابة لبييد) ب- كتابة معادلة تفاعل تشكل المركب X:
	0,50	$ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-OH} \\ \\ \text{CH-OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{-OH} \end{array} + 2\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_4\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-(CH}_2\text{)}_7\text{COOH} + \text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_{14}\text{COOH} $ $ \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-O-C(=O)-(CH}_2\text{)}_7\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-(CH}_2\text{)}_4\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH-O-C(=O)-(CH}_2\text{)}_7\text{-CH=CH-CH}_2\text{-CH=CH-(CH}_2\text{)}_4\text{CH}_3 \\ \\ \text{CH}_2\text{-O-C(=O)-(CH}_2\text{)}_{14}\text{CH}_3 \end{array} + 3\text{H}_2\text{O} $
		ج- حساب قرينة التصبن و قرينة اليود للمركب X:
	0,25	$A + 2B + \text{glycérol} \longrightarrow \text{TG} + 3\text{H}_2\text{O}$ $M_{\text{TG}} = M_{(A)} + 2 M_{(B)} + M_{(\text{glycérol})} - 3 M_{(\text{H}_2\text{O})}$ $M_{\text{TG}} = 256 + 2(280) + 92 - 3(18) = \boxed{854 \text{ g.mol}^{-1}}$ $ \left. \begin{array}{l} M_{\text{TG}} \longrightarrow 10^3 M_{\text{KOH}} \\ 1 \text{ g} \longrightarrow I_s \end{array} \right\} \Rightarrow I_s = \frac{10^3 \times 3 M_{\text{KOH}}}{M_{\text{TG}}} = \frac{3 \times 56000}{854} $
	0,25	$I_s = \boxed{196,72}$
	0,25	$ \left. \begin{array}{l} M_{\text{TG}} \longrightarrow 4 M_{\text{I}_2} \\ 100 \text{ g} \longrightarrow I_i \end{array} \right\} \Rightarrow I_i = \frac{100 \times 4 M_{\text{I}_2}}{M_{(X)}} = \frac{100 \times 4 \times 254}{854} $ $I_i = \boxed{118,96}$
01,00	4	-II
	x	(1) استنتاج الأحماض الأمينية الموجودة في المزيج M: Pro , Arg , Gln , Gly
	0,25	(2) أ- كتابة الصيغة نصف المفصلة للبيتيد: Gly - Gln - Pro - Arg
00,75	0,50	$ \begin{array}{ccccccc} \text{H}_2\text{N}-\text{CH}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-\text{CH}-\text{C}(=\text{O})-\text{N}-\text{C}(=\text{O})-\text{NH}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \\ \text{H} \qquad \qquad \qquad (\text{CH}_2)_2 \qquad \qquad \text{C}=\text{O} \qquad \qquad \text{NH} \qquad \qquad \text{C}=\text{NH} \qquad \qquad \text{NH}_2 \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \\ \qquad \qquad \qquad \text{C}=\text{O} \qquad \qquad \text{NH}_2 \qquad \qquad \qquad \text{NH}_2 \end{array} $
	0,25	ب- إسم هذا البيتيد: غليسيل غلوتامينيل بروليل أرغنين.

العلامة		عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)
مجموع	مجزأة	
00,25	0,25	(3) قيمة pK_{aR} للحمض الأميني القاعدي Arg: $pH_i = \frac{pK_{a_2} + pK_{aR}}{2} \Rightarrow pK_{aR} = 2pH_i - pK_{a_2}$ $pK_{aR} = 2(10,76) - 9,04 \quad \boxed{pK_{aR} = 12,48}$
	0,25	(4) المماكبات الضوئية: $\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{NH}_2 \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}_2\text{N}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ $\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{H}-\text{C}-\text{NH}_2 \\ \\ \text{HO}-\text{C}-\text{H} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$ ملاحظة: تقبل الإجابة في حالة كتابة صيغتي الحمض الكبريتي الميثيونين
00,75	3 x 0,25	(5) الصيغ الأيونية للحمض الأميني (B) عند تغير قيم الـ pH من 1 إلى 12. $\begin{array}{c} pK_{a_1} \qquad \qquad pH_i \qquad \qquad pK_{a_2} \\ \qquad \qquad \qquad \qquad \\ \text{NH}_2^+-\text{C}-\text{COOH} \rightleftharpoons \text{NH}_2^+-\text{C}-\text{COO}^- \rightleftharpoons \text{NH}-\text{C}-\text{COO}^- \\ \uparrow \quad \downarrow \qquad \qquad \uparrow \quad \downarrow \\ +\text{OH}^- \quad +\text{H}^+ \qquad \quad +\text{OH}^- \quad +\text{H}^+ \end{array}$
	0,25	التمرين الثالث: (06 نقاط) (1) إيجاد قيم كل من T_3 , T_2 , T_1: ($n=1$, $P_1=1,97\text{atm}$, $V_1=14\text{ L}$) $P_1V_1 = nRT_1 \Rightarrow T_1 = \frac{P_1V_1}{nR} = \frac{1,97 \times 14}{1 \times 0,082}$ $\boxed{T_1 = 336,34\text{ K}}$
01,75	0,25	($P_2 = P_1 = 1,97\text{atm}$, $V_2 = 2V_1 = 28\text{ L}$) $P_2V_2 = nRT_2 \Rightarrow T_2 = \frac{P_2V_2}{nR} = \frac{2P_1V_1}{nR} = \frac{1,97 \times 28}{1 \times 0,082}$ $\boxed{T_2 = 672,68\text{ K}}$
	0,25	$T_3 = T_2$ $\boxed{T_3 = 672,68\text{ K}}$
	0,25	

العلامة		عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)
مجموع	مجزأة	
00,75		إيجاد قيم كل من V_2 و V_3 :
	0,25	$V_2 = 2V_1$ $V_2 = 28 \text{ L}$
	0,25	$V_3 = V_1$ $V_3 = 14 \text{ L}$
		إيجاد قيم كل من P_2 و P_3 :
	0,25	$P_2 = P_1$ $P_2 = 1,97 \text{ atm}$ ($n=1$, $T_3 = 672,68\text{K}$, $V_3 = 14 \text{ L}$)
	0,25	$P_3 V_3 = nRT_3 \Rightarrow P_3 = \frac{nRT_3}{V_3} = \frac{1 \times 0,082 \times 672,68}{14}$ $P_3 = 3,94 \text{ atm}$
		(2) تمثيل مختلف تحولات الغاز على البيان $P=f(V)$
	3 x 0,25	
		تقبل الإجابة حالة تمثيل كل تحول على حدى
		(3) أ- العلاقة الحرفية لـ: $W_{1 \rightarrow 2}$ و $W_{2 \rightarrow 3}$ بدلالة P_1 و V_1
03,50		التحول (a) : تمدد عند ضغط ثابت $P = C^{ste}$
		$V_2 = 2V_1$
	0,50	$W_{1 \rightarrow 2} = -P_1 \Delta V = -P_1 (V_2 - V_1)$
	0,25	$W_{1 \rightarrow 2} = -P_1 (2V_1 - V_1) = -PV_1$ $W_{1 \rightarrow 2} = -P_1 V_1$
		التحول (b) : الضغط عند درجة حرارة ثابتة $T = C^{ste}$
	0,50	$W_{2 \rightarrow 3} = -nRT_2 \ln \frac{V_3}{V_2} = nRT_2 \ln \frac{V_2}{V_3}$ $T_2 = 2T_1$, $V_2 = 2V_1$, $V_3 = V_1$
	0,25	$W_{2 \rightarrow 3} = nR (2T_1) \ln \frac{2V_1}{V_1} \Rightarrow W_{2 \rightarrow 3} = 2nRT_1 \ln 2$ $W_{2 \rightarrow 3} = 2P_1 V_1 \ln 2$

العلامة		عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)
مجموع	مجزأة	
		ب- حساب قيمة كل من $W_{3 \rightarrow 1}$, $W_{2 \rightarrow 3}$, $W_{1 \rightarrow 2}$: تقبل الإجابة في حالة الاكتفاء بحساب العمل وكمية الحرارة بـ (L .atm) دون تحويل إلى (J)
0,25		$W_{1 \rightarrow 2} = -PV_1 = (-1,97 \times 14) \times 101,3$ $W_{1 \rightarrow 2} = -2793,8 \text{ J}$
0,25		$W_{2 \rightarrow 3} = 2P_1V_1 \ln 2 = (2 \times 1,97 \times 14 \ln 2) 101,3$ $W_{2 \rightarrow 3} = 3855,5 \text{ J}$ $V_3 = V_1$
0,25		$W_{3 \rightarrow 1} = -\int P_3 dV$ $V = C^{\text{ste}} \Rightarrow dV = 0$ $W_{3 \rightarrow 1} = 0$
		حساب قيمة كل من $Q_{3 \rightarrow 1}$, $Q_{2 \rightarrow 3}$, $Q_{1 \rightarrow 2}$:
0,25		$Q_{1 \rightarrow 2} = nC_p \Delta T = nC_p (T_2 - T_1)$ $\left. \begin{array}{l} C_p - C_v = R \\ \frac{C_p}{C_v} = 1,4 \end{array} \right\} \Rightarrow C_p = 1,4C_v - 1,4R \Rightarrow C_p = \frac{1,4R}{0,4} = 3,5R$
0,25		$Q_{1 \rightarrow 2} = 3,5nR(T_2 - T_1) = 3,5 \times 1 \times 0,082(672,68 - 336,34) = 96,53 \text{ L.atm}$ $Q_{1 \rightarrow 2} = 96,53 \times 101,3 = 9778,5 \text{ J}$
0,25		$\Delta U_{2 \rightarrow 3} = Q_{2 \rightarrow 3} + W_{2 \rightarrow 3}$ $\Delta U_{2 \rightarrow 3} = 0 \Rightarrow Q_{2 \rightarrow 3} = -W_{2 \rightarrow 3}$ $Q_{2 \rightarrow 3} = -3855,5 \text{ J}$
0,25		$Q_{3 \rightarrow 1} = nC_v \Delta T = nC_v (T_1 - T_3)$ $\left. \begin{array}{l} C_p - C_v = R \\ \frac{C_p}{C_v} = 1,4 \end{array} \right\} \Rightarrow C_v + R = 1,4C_v \Rightarrow C_v = \frac{R}{0,4} = 2,5R$
0,25		$Q_{3 \rightarrow 1} = 2,5nR(T_1 - T_3) = 2,5 \times 1 \times 0,082(336,34 - 672,68) = -68,95 \text{ L.atm}$ $Q_{3 \rightarrow 1} = -68,95 \times 101,3 = -6984,6 \text{ J}$