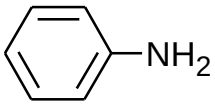
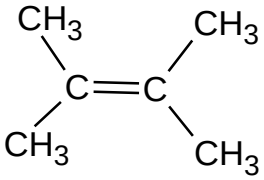
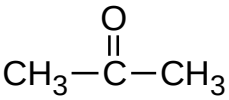
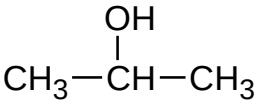
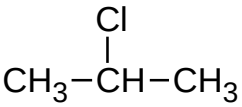
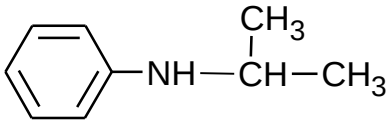
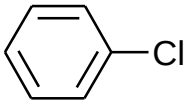
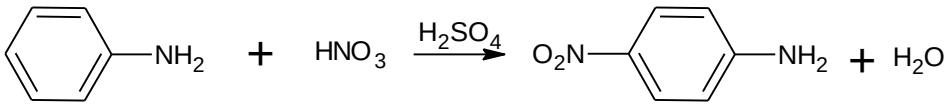
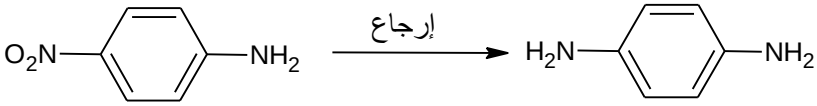
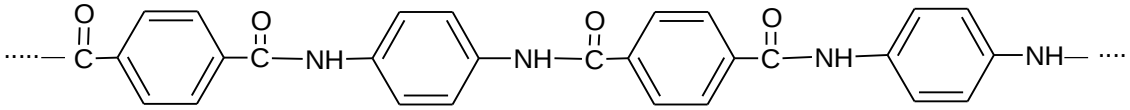
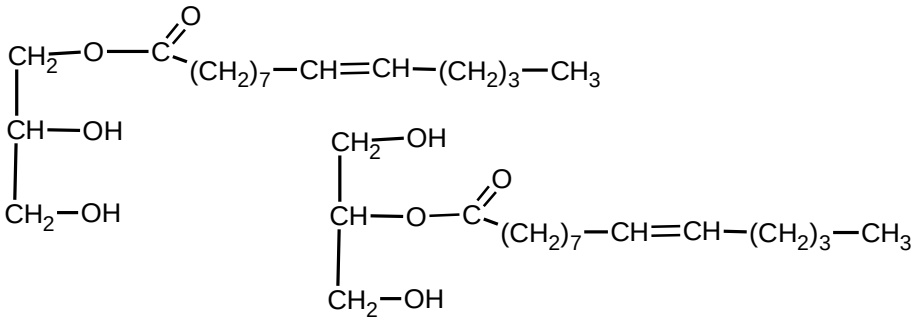
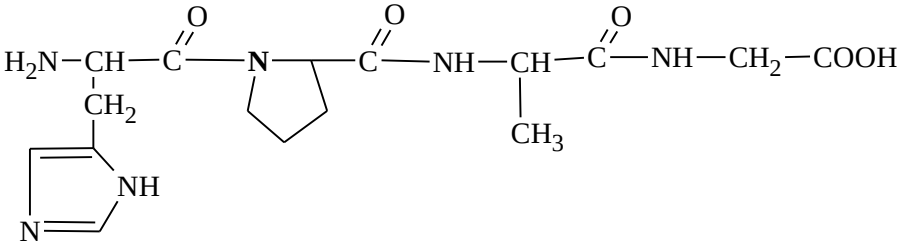
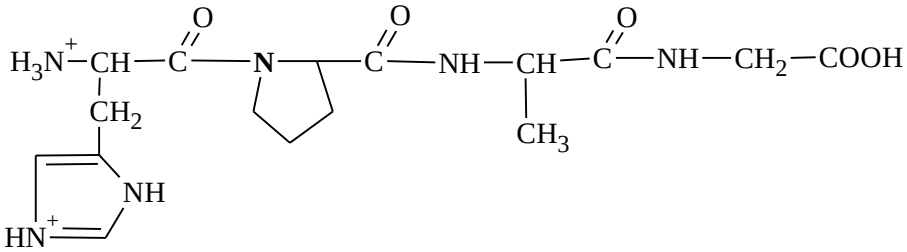
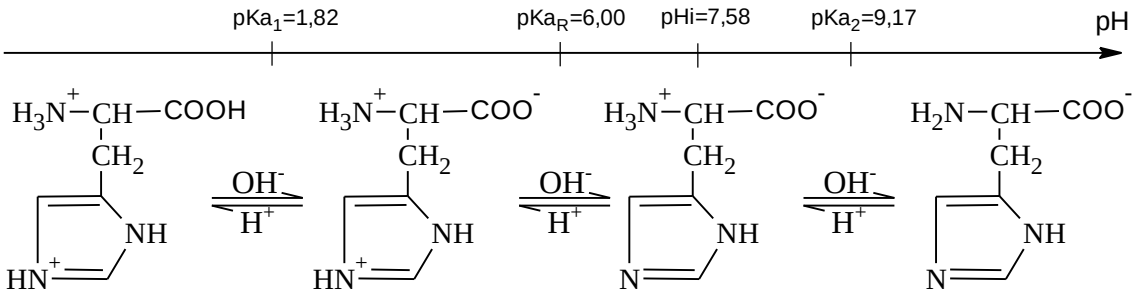
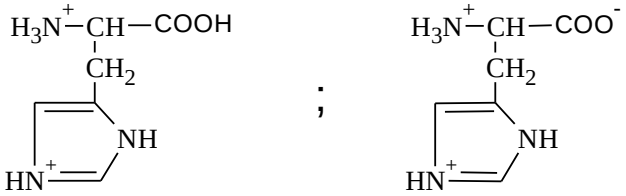
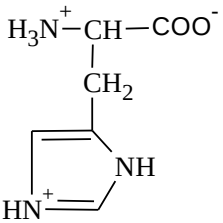
عناصر الإجابة (الموضوع الأول)	العلامة مجزأة	العلامة مجموعة
التمرين الأول: (07 نقاط)		
1) إيجاد الصيغة المجملة للأمين الأروماتي A .		
بما أن المركب A أمين احادي الوظيفة تكون صيغته المجملة من الشكل: C_xH_yN		**01,50**
$\frac{M}{100}=\frac{14}{15,05}\Rightarrow M=\frac{14\times100}{15,05}$		
$\boxed{M=93g.mol^{-1}}$	0,50	
$\frac{M}{100}=\frac{12x}{77,42}\Rightarrow x=\frac{93\times77,42}{1200}$		
$\boxed{x=6}$	0,25	
$12x+y+14=93$		
$y=93-14-(12\times6)$		
$\boxed{y=7}$	0,25	
– الصيغة المجملة للمركب A هي : C_6H_7N	0.50	
2) كتابة الصيغ نصف المفصلة للمركبات A, B, C, D, E, F, G :		**03,50**
A  B 		
C  D 	0,50 × 7	
E  F 		
G 		
3) اقتراح طريقة لتحضير المركب H انطلاقا من المركب A:		
	0,25	**00,50**
	0,25	
يقبل أي عامل مرجع مناسب		

عناصر الإجابة (الموضوع الأول)	العلامة مجزأة	العلامة مجموعة
4) أ- استنتاج الصيغة نصف المفصلة للمركب Y:	0,50	**01,50**
ب- كتابة مقطع من البوليمير يتكون من وحدتين بنائيتين: 	0,50	
ج- حساب درجة البلمرة: $n=\frac{M_P}{M_m}$ $M_m=14M_C+10M_H+2M_O+2M_N$ $M_m=238g.mol^{-1}$	0,25	
$n=\frac{476000}{238}\Rightarrow \boxed{n=2000}$	0,25	
التمرين الثاني: (07 نقاط)		
I- **1)** إيجاد الكتلة المولية لأحادي الغليسيريد A: $1mol\,(MG)\longrightarrow 1mol\,(KOH)$ $M_A \rightarrow M_{KOH}$ $M_A \rightarrow 56$ $1g \rightarrow I_S\times10^{-3}$		**00,25**
$M_A=\frac{56}{I_S\times10^{-3}}\Rightarrow \boxed{M_A=300\ g.mol^{-1}}$	0,25	
2) أ- استنتاج الصيغة نصف المفصلة للحمض الدهني B: $M_A+M_{H_2O}=M_{Glycérol}+M_B$ $M_B=M_A+M_{H_2O}-M_{Glycérol}$		**01,00**
$M_B=300+18-92=\boxed{226\ g.mol^{-1}}$	0,25	
بما أن أكسدة الحمض الدهني B تعطي حمضين $CH_3-(CH_2)_3-COOH \quad , \quad HOOC-(CH_2)_x-COOH$ فهو يحتوي رابطة مزدوجة واحدة وتكون صيغته نصف المفصلة على الشكل: $CH_3-(CH_2)_3-CH=CH-(CH_2)_x-COOH$		

عناصر الإجابة (الموضوع الأول)	العلامة مجزأة	العلامة مجموع
$M = 15 + 42 + 26 + 14x + 45 = 226$ $14x = 226 - 128$ $x = \frac{98}{14} = \boxed{7}$	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 $1mol\,(AG) \longrightarrow 1mol\,(KOH)$ $M_{AG} \longrightarrow M_{KOH}$ $M_{AG} \longrightarrow 56$ $1g \rightarrow I_a \times 10^{-3}$ $I_a = \frac{56}{226\times10^{-3}} \Rightarrow \boxed{I_a = 247,79}$	0,25	
3) الصيغ نصف المفصلة الممكنة لأحادي الغليسيريد A: 	0.50 × 2	**01,00**
4) أ- ايجاد التركيب المئوي لمكونات المادة الدهنية: $\begin{cases} I_S = \frac{x}{100}\times I_{S(MG)} + \frac{y}{100}\times I_{a(AG)} \\ x + y = 100 \end{cases}$ $\begin{cases} 203,16 = \frac{x}{100}\times 186,66 + \frac{y}{100}\times 247,79 \\ x = 100 - y \end{cases}$ $203,16 = \frac{100-y}{100}\times 186,66 + \frac{y}{100}\times 247,79$ $203,16 = 1,8666(100-y) + 2,4779y$ $\boxed{y = 27\%}$ $x = 100 - y \Rightarrow \boxed{x = 73\%}$	0,25 × 2	**01,25**

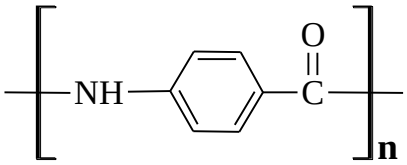
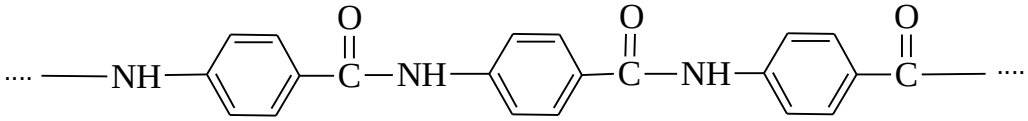
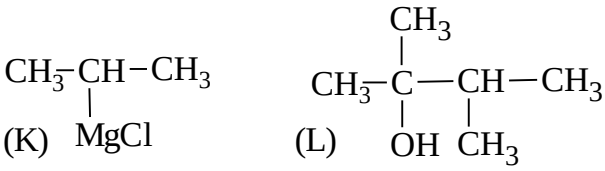
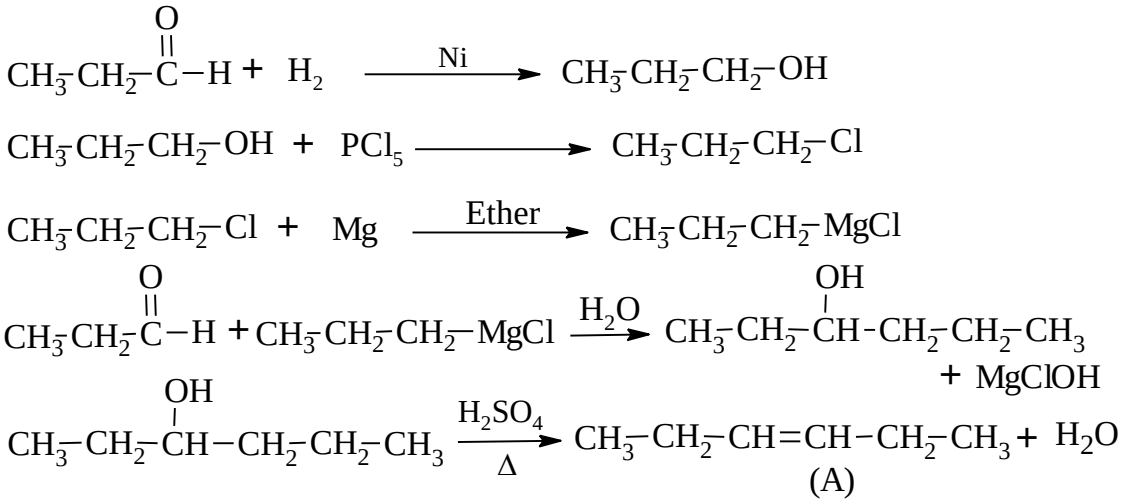
عناصر الإجابة (الموضوع الأول)	العلامة مجزأة	العلامة مجموع
ب- حساب قرينة اليود للمادة الدهنية I_i :		
حسابة قرينة اليود للحمض الدهني $I_{i(AG)}$:		
$1mol(AG) \longrightarrow 1mol(I_2)$ $M_{AG} \longrightarrow 1\times M_{I_2}$ $\left.\begin{array}{l} 226g \longrightarrow 254g \\ 100g \longrightarrow I_{i(AG)} \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{I_{i(AG)} = 112,39}$	0,25	
حساب قرينة اليود لأحادي الغليسريد $I_{i(MG)}$:		
$1mol(AG) \longrightarrow 1mol(I_2)$ $M_{MG} \longrightarrow M_{I_2}$ $\left.\begin{array}{l} 300g \longrightarrow 254g \\ 100g \longrightarrow I_{i(MG)} \end{array}\right\} \Rightarrow \boxed{I_{i(MG)} = 84,66}$	0,25	
و منه قرينة اليود للمادة الدهنية:		
$I_i = \frac{73}{100}\times I_{i(MG)} + \frac{27}{100}\times I_{i(AG)}$ $I_i = \frac{73}{100}\times 84,66 + \frac{27}{100}\times 112,39$ $\boxed{I_i = 92,15}$	0,25	
II-**1)** تحديد الأحماض الأمينية:		
- يعطي الحمض الأميني B مع النينهيدرين اللون الأصفر فهو البرولين Pro.	0,25	**01,00**
- يتفاعل الحمض الأميني C مع CH_3-CH_2-OH فيتشكل أستر كتلته المولية $M = 117g/mol$ فإن:		
$M_{Ester} + M_{H_2O} = M_C + M_{Alcool}$ $M_C = M_{Ester} + M_{H_2O} - M_{Alcool}$ $M_C = 117 + 18 - 46 = 89$ g/mol		
وهي الكتلة المولية للألانين، ومنه الحمض الأميني C هو الألانين Ala.	0,25	
- الحمض الأميني D نسبة الأزوت فيه 18,66%:		
$\frac{M_D}{100} = \frac{14}{18,66} \Rightarrow M_D = 75$g/mol		
وهي الكتلة المولية للغليسين، اذن الحمض الأميني D هو الغليسين Gly.	0,25	
- يبقى الحمض الأميني الأخير A هو الهيستيدين His.	0,25	

عناصر الإجابة (الموضوع الأول)	العلامة مجزأة	العلامة مجموع
2) كتابة الصيغة نصف المفصلة للببتيد السابق: 	0,25	**00,25**
3) الصيغة نصف المفصلة للببتيد السابق عند $pH = 1$: 	0,25	**00,25**
4) أ- الصيغ الأيونية للحمض الأميني الهستدين عند تغير pH من 1 إلى12 : 	0.25 × 4	**02,00**
ب- الصيغ الأيونية للهستدين عند $pH = 3$ $pH = 3 \Rightarrow pK_{a_1} \prec pH \prec pH_e = \frac{1,82+6,00}{2} = 3,91$ 	0.25 × 2	
الصيغة السائدة: 	0.25	
ج- مجال الـ pH الذي يهجر فيه الهستدين على الشكل A^- : $pH \succ pH_i \Rightarrow pH \succ 7,58$	0.25	

عناصر الإجابة (الموضوع الأول)	العلامة مجزأة	العلامة مجموع
التمرين الثالث: (06 نقاط)		
I		
1) إيجاد السعة الحرارية C_{cal} للمسعر:		
$m_1=200g$, $T_1=24^\circ C$, $m_2=300g$, $T_2=45^\circ C$, $T_f=35,5^\circ C$		
$m_1c_e(T_f-T_1)+C_{cal}(T_f-T_1)+m_2c_e(T_f-T_2)=0$	0,25	00,75
$200\times4,185(35,5-24)+C_{cal}(35,5-24)+300\times4,185(35,5-45)=0$		
$200\times4,185(11,5)+C_{cal}(11,5)+300\times4,185(9,5)=0$		
$C_{cal}=\frac{2301,75}{11,5}=200,15\ J.K^{-1}$	0,50	
2) أ- كتابة معادلة احتراق غاز الميثان :		
$CH_{4(g)}+2O_{2(g)}\longrightarrow CO_{2(g)}+2H_2O_{(\ell)}$	0,50	02,00
ب- حساب كمية الحرارة Q الناتجة عن احتراق غاز الميثان:		
$\sum Q=Q_e+Q_{cal}+Q_{comb}=0$		
$Q_{cal}=C_{cal}\Delta T \quad Q_e=m_ec_e\Delta T$		
$Q_{comb}=-Q_e-Q_{cal}$		
$Q_{comb}=-C_{cal}\Delta T-m_1c_e\Delta T$	0,25	
$Q_{comb}=-(200\times34)-(500\times4,185\times34)=-77945\ J$		
$\boxed{Q_{comb}=-77,945\ kJ}$	0,50	
جـ- استنتاج الكتلة m_3 لغاز الميثان $CH_{4(g)}$:		
$Q_{comb}=n\times\Delta H_{(comb)}$	0,25	
$Q_{comb}=\frac{m_3}{M_{CH_4}}\times\Delta H_{(comb)}$		
$m_3=\frac{Q_{comb}\times M_3}{\Delta H_{(comb)}}=\frac{-77,945\times16}{-890,7}$ $\boxed{m_3=1,4\,g}$	0,50	
II 1) أ- موازنة معادلة تفاعل احتراق الأكريلونتريل السائل:		
$C_3H_3N_{(\ell)}+\frac{15}{4}O_{2(g)}\longrightarrow 3CO_{2(g)}+\frac{3}{2}H_2O_{(\ell)}+\frac{1}{2}N_{2(g)}$	0,50	02,50
ب- استنتاج ΔH_1° :		
$\Delta H_1^O=\frac{Q}{n}$; $\Delta H_1^O=\frac{-881}{0,50}\Rightarrow$	0,25	
$\boxed{\Delta H_1^O=-1762kJ.mol^{-1}}$	0,25	

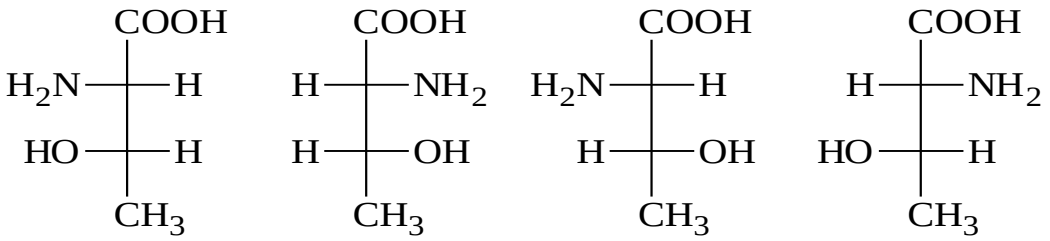
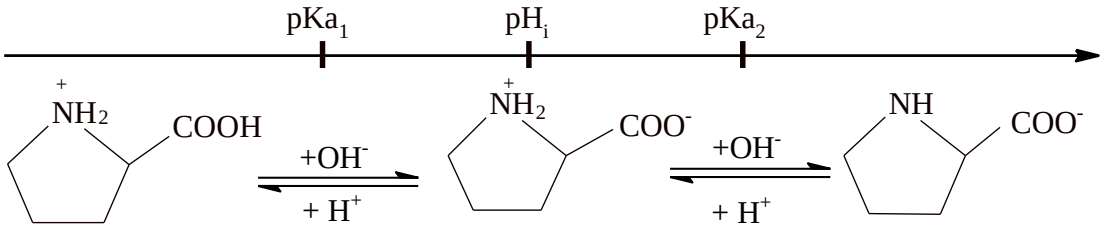
عناصر الإجابة (الموضوع الأول)	العلامة مجزأة	العلامة مجموع
ج- حساب انطالبي التشكل للأكريلونتريل السائل:		
$\Delta H_1^o = 3\Delta H^o_{f(CO_{2(g)})} + \frac{3}{2}\Delta H^o_{f(H_2O_{(\ell)})} + \frac{1}{2}\Delta H^o_{f(N_{2(g)})} - \Delta H^o_{f(C_3H_3N_{(\ell)})} - \frac{15}{4}\Delta H^o_{f(O_{2(g)})}$	0,25	
$\Delta H^o_{f(C_3H_3N_{(\ell)})} = 3\Delta H^o_{f(CO_{2(g)})} + \frac{3}{2}\Delta H^o_{f(H_2O_{(\ell)})} - \Delta H_1^o$		
$\Delta H^o_{f(C_3H_3N_{(\ell)})} = 3\times(-393,5) + \frac{3}{2}(-286) - (-1762)$	0,25	
$\boxed{\Delta H^o_{f(C_3H_3N_{(\ell)})} = 152,5\ kJ.mol^{-1}}$	0,25	
د- ايجاد 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	
$\Delta U = -1762 - (-\frac{1}{4} \times 8,314 \times 10^{-3} \times 298)$		
$\boxed{\Delta U = -1761,38\ kJ.mol^{-1}}$	0,25	
2) حساب الانطالبي ΔH_2^o عند 298K :		
$-1\times\left(C_3H_3N_{(l)} + \frac{15}{4}O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + \frac{3}{2}H_2O_{(l)} + \frac{1}{2}N_{2(g)} \quad \Delta H_1^o = -1762\ kJ.mol^{-1}\right)$		
$1\times\left(C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \quad \Delta H_3^o = -1300\ kJ.mol^{-1}\right)$	0,25	
$1\times\left(HCN_{(g)} + \frac{5}{4}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + \frac{1}{2}H_2O_{(l)} + \frac{1}{2}N_{2(g)} \quad \Delta H_4^o = -671,1\ kJ.mol^{-1}\right)$		00,75
$1\times\left(C_3H_3N_{(l)} \longrightarrow C_3H_3N_{(g)} \quad \Delta H^o_{vap} = 32,64\ kJ.mol^{-1}\right)$		
$C_2H_{2(g)} + HCN_{(g)} \longrightarrow C_3H_3N_{(g)} \quad \Delta H_2^o = ?$		
$\Delta H_2^o = -\Delta H_1^o + \Delta H_3^o + \Delta H_4^o + \Delta H^o_{vap}$	0,25	
$\Delta H_2^o = -(-1762) - 1300 - 671,1 + 32,64$		
$\boxed{\Delta H_2^o = -176.46\ kJ.mol^{-1}}$	0,25	

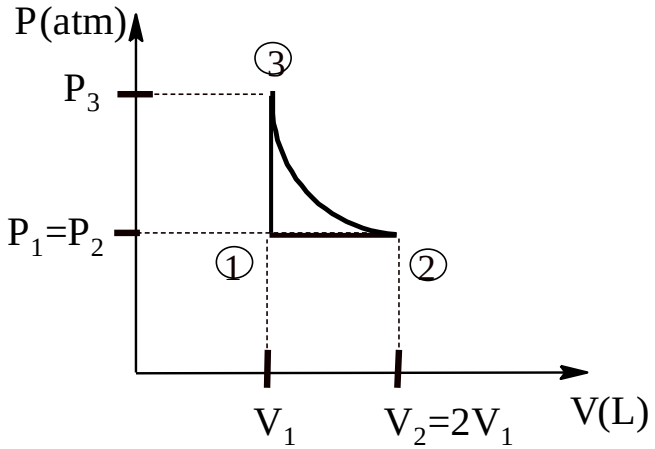
عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)	العلامة مجزأة	العلامة مجموع
التمرين الأول: (07 نقاط)		
1)		
أ- إيجاد الصيغة المجملة و الصيغة نصف المفصلة لكل من المركبين (C) و (D).		
$d = \frac{M}{29} \Rightarrow M = d \times 29$		
$M = 2 \times 29 = 58\ g.mol^{-1}$	0,25	
(C) و (D) يتفاعلان مع DNPH إذن هما مركبان كربونيليان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

عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)	العلامة مجزأة	العلامة مجموع
ب- الصيغة نصف المفصلة للبوليمير (P) :  (P)	0,50	
ج- مقطع من البوليمير (P) يتكون من ثلاث وحدات بنائية: 	0,50	
3) كتابة الصيغة نصف المفصلة لكل من (K)و (L) .  (K) (L)	2 x 0,50	**01,00**
4) سلسلة التفاعلات التي تسمح بتحضير المركب (A) : 	0,50	**00,50**
التمرين الثاني: (07 نقاط)		
I- 1) حساب الكتلة المولية للحمض الدهني (A) $\left.\begin{array}{l} M_{(A)} \longrightarrow 10^3\ M_{KOH} \\ 1\ g \longrightarrow I_a \end{array}\right\} \Rightarrow M_{(A)} = \frac{10^3\ M_{KOH}}{I_a} = \frac{56\times1000}{218,75} = 256$ $\boxed{M_{(A)} = 256\ g.mol^{-1}}$	0,25	**00,75**

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

عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)	العلامة مجزأة	العلامة مجموع
(5		
أ– طبيعة المركب X عبارة عن ثلاثي غليسيريد (تقبل الإجابة **ليبيد**)	0,25	
ب– كتابة معادلة تفاعل تشكل المركب X:	0,50	01,50
ج– حساب قرينة التصبن و قرينة اليود للمركب X:		
$A + 2B + \text{glycérol} \longrightarrow TG + 3H_2O$		
$M_{TG} = M_{(A)} + 2\,M_{(B)} + M_{(\text{glycérol})} - 3\,M_{(H_2O)}$		
$M_{TG} = 256 + 2(280) + 92 - 3(18) = \boxed{854\ g.mol^{-1}}$	0,25	
$\left.\begin{array}{l} M_{TG} \longrightarrow 10^3 M_{KOH} \\ 1\ g \longrightarrow I_s \end{array}\right\} \Rightarrow I_s = \frac{10^3 \times 3M_{KOH}}{M_{TG}} = \frac{3\times 56000}{854}$		
$\boxed{I_s = 196,72}$	0,25	
$\left.\begin{array}{l} M_{TG} \longrightarrow 4M_{I_2} \\ 100\ g \longrightarrow I_i \end{array}\right\} \Rightarrow I_i = \frac{100\times 4M_{I_2}}{M_{(X)}} = \frac{100\times 4\times 254}{854}$		
$\boxed{I_i = 118,96}$	0,25	
–II		
1) استنتاج الأحماض الأمينية الموجودة في المزيج M: Pro , Arg , Gln , Gly	4 x 0,25	01,00
2) أ– كتابة الصيغة نصف المفصلة للببتيد: Gly - Gln - Pro - Arg		
	0,50	00,75
ب– إسم هذا الببتيد: غليسيل غلوتامينيل بروليل أرغنين.	0,25	

عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)	العلامة مجزأة	العلامة مجموع
3) قيمة pKa_R للحمض الأميني القاعدي Arg: $pH_i = \frac{pKa_2 + pKa_R}{2} \Rightarrow pKa_R = 2pH_i - pKa_2$ $pKa_R = 2(10,76) - 9,04$ $\boxed{pKa_R = 12,48}$	0,25	00,25
4) المماكبات الضوئية : 	4 x 0,25	01,00
ملاحظة: تقبل الإجابة في حالة كتابة صيغتي الحمض الكبريتي الميثيونين		
5) الصيغ الأيونية للحمض الأميني (B) عند تغير قيم الـ pH من 1 إلى 12. 	3 x 0,25	00,75
التمرين الثالث: (06 نقاط)		
1) إيجاد قيم كل من T_1 , T_2 , T_3: $(n=1 \ , \ P_1 = 1,97atm \ , \ V_1 = 14 \ L)$ $P_1V_1 = nRT_1 \Rightarrow T_1 = \frac{P_1V_1}{nR} = \frac{1,97 \times 14}{1 \times 0,082}$ $\boxed{T_1 = 336,34 \ K}$	0,25	01,75
$(P_2 = P_1 = 1,97atm \ , \ V_2 = 2V_1 = 28 \ L)$ $P_2V_2 = nRT_2 \Rightarrow T_2 = \frac{P_2V_2}{nR} = \frac{2P_1V_1}{nR} = \frac{1,97 \times 28}{1 \times 0,082}$ $\boxed{T_2 = 672,68 \ K}$	0,25	
$T_3 = T_2$ $\boxed{T_3 = 672,68 \ K}$	0,25	

عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)	العلامة مجزأة	العلامة مجموع
إيجاد قيم كل من V_2 و V_3 :		
$V_2 = 2V_1$ $\boxed{V_2 = 28\ L}$	0,25	
$V_3 = V_1$ $\boxed{V_3 = 14\ L}$	0,25	
إيجاد قيم كل من P_2 و P_3 :		
$P_2 = P_1 \quad P_2 = 1,97\ atm$	0,25	
$(n=1\ ,\ T_3 = 672,68K\ ,\ V_3 = 14\ L)$		
$P_3V_3 = nRT_3 \Rightarrow P_3 = \frac{nRT_3}{V_3} = \frac{1\times 0,082\times 672,68}{14}$ $\boxed{P_3 = 3,94\ atm}$	0,25	
2) تمثيل مختلف تحولات الغاز على البيان $P=f(V)$ 	3 x 0,25	00,75
تقبل الإجابة حالة تمثيل كل تحول على حدى		
3) أ- العلاقة الحرفية لـ: $W_{1\to2}$ و $W_{2\to3}$ بدلالة P_1 و V_1		
التحوّل (a) : تمدد عند ضغط ثابت **P= C^ste**		
$V_2 = 2V_1$		
$W_{1\to2} = -P_1\Delta V = -P_1(V_2 - V_1)$	0,50	
$W_{1\to2} = -P_1(2V_1 - V_1) = -PV_1$ $\boxed{W_{1\to2} = -P_1V_1}$	0,25	
التحوّل (b) : الضغط عند درجة حرارة ثابتة **T= C^ste**		03,50
$W_{2\to3} = -nRT_2 \ln\frac{V_3}{V_2} = nRT_2 \ln\frac{V_2}{V_3}$	0,50	
$T_2 = 2T_1\ ,\ V_2 = 2V_1\ ,\ V_3 = V_1$		
$W_{2\to3} = nR(2T_1)\ln\frac{2V_1}{V_1} \Rightarrow W_{2\to3} = 2nRT_1\ln 2$ $\boxed{W_{2\to3} = 2P_1V_1\ln 2}$	0,25	

عناصر الإجابة (الموضوع الثاني)	العلامة مجزأة	العلامة مجموع
ب- حساب قيمة كل من $W_{1\to2}$, $W_{2\to3}$, $W_{3\to1}$:		
تقبل الإجابة في حالة الاكتفاء بحساب العمل وكمية الحرارة بـ (L .atm)دون تحويل إلى(J)		
$W_{1\to2} = -PV_1 = (-1,97\times14)\times101,3 \quad \boxed{W_{1\to2} = -2793,8\ J}$	0,25	
$W_{2\to3} = 2P_1V_1\ln2 = (2\times1,97\times14\ln2)101,3 \quad \boxed{W_{2\to3} = 3855,5\ J}$	0,25	
$V_3 = V_1$		
$W_{3\to1} = -\int P_3dV \quad V = C^{ste} \Rightarrow dV = 0 \quad \boxed{W_{3\to1} = 0}$	0,25	
حساب قيمة كل من $Q_{1\to2}$, $Q_{2\to3}$, $Q_{3\to1}$:		
$Q_{1\to2} = nC_p\Delta T = nC_p(T_2 - T_1)$	0,25	
$\left.\begin{array}{l} C_p - C_v = R \\ \dfrac{C_p}{C_v} = 1,4 \end{array}\right\} \Rightarrow C_p = 1,4C_p - 1,4R \Rightarrow C_p = \dfrac{1,4R}{0,4} = 3,5R$		
$Q_{1\to2} = 3,5nR(T_2 - T_1) = 3,5\times1\times0,082(672,68 - 336,34) = 96,53\ L.atm$	0,25	
$Q_{1\to2} = 96,53\times101,3 = \boxed{9778,5\ J}$		
$\Delta U_{2\to3} = Q_{2\to3} + W_{2\to3}$		
$\Delta U_{2\to3} = 0 \Rightarrow Q_{2\to3} = -W_{2\to3}$		
$\boxed{Q_{2\to3} = -3855,5\ J}$	0,25	
$Q_{3\to1} = nC_v\Delta T = nC_v(T_1 - T_3)$	0,25	
$\left.\begin{array}{l} C_p - C_v = R \\ \dfrac{C_p}{C_v} = 1,4 \end{array}\right\} \Rightarrow C_v + R = 1,4C_v \Rightarrow C_v = \dfrac{R}{0,4} = 2,5R$		
$Q_{3\to1} = 2,5nR(T_1 - T_3) = 2,5\times1\times0,082(336,34 - 672,68) = -68,95\ L.atm$	0,25	
$Q_{3\to1} = -68,95\times101,3 = \boxed{-6984,6\ J}$		