

التمرين رقم 1

مسعر حراري أدياباتيكي (Adiabatique) سعته الحرارية $C_{cal} = 732 \text{ J/}^\circ\text{K}$ يحتوي على 2 Kg

من ماء درجة حرارته 20°C ، نضيف له 3 Kg من ماء درجة حرارته 10°C .

1- ماذا تعني كلمة ادياباتيكي (Adiabatique) ؟

2- احسب درجة حرارة النظام (المزيج) عند التوازن (Teq) .

نعتبر الحرارة الكتلية للماء عند ضغط ثابت (1 bar) و في هذا المجال من درجة الحرارة

$$c_e = 4.15 \text{ J / g.k}$$

التمرين رقم 2

لدينا 1 Kg من جليد في وعاء مغلق بغطاء متحرك . هذا الجليد يتواجد عند درجة حرارة ($10^\circ\text{C} -$) و تحت ضغط ثابت (1 bar) .

1- احسب كمية الحرارة Q اللازمة لتحويل هذا الجليد إلى ماء تحت درجة حرارة ($20^\circ\text{C} +$) .

2- احسب كمية الحرارة الإضافية Q' اللازمة للحصول على بخار الماء عند (150°C) و تحت ضغط 1 bar

لدينا : الحرارة الكتلية لانصهار الجليد $L_{fus} = 333 \text{ KJ / Kg}$

الحرارة الكتلية لتبخير الماء $L_{vap} = 2257 \text{ KJ / Kg}$

الحرارة الكتلية للماء السائل $C_{eau} = 4.18 \text{ KJ / Kg }^\circ\text{K}$

الحرارة الكتلية لبخار الماء $C_{vap} = 1.9 \text{ KJ / Kg }^\circ\text{K}$

الحرارة الكتلية للجليد $C_{glac} = 2.06 \text{ KJ / Kg }^\circ\text{K}$

التمرين رقم 3 :

لتعيين الحرارة النوعية لتبخير الماء L_{vap} ننجز التجربة التالية :

- داخل مسعر حراري يحتوي على 500g من ماء عند 20°C ، نرسل تيار من بخار الماء عند 100°C و تحت الغط الجوي . أبخرة الماء تتكاثف كلياً داخل المسعر .

- ضعندما توقف إرسال البخار تكون درجة الحرارة النهائية في المسعر 42.2°C و وزن المسعر يرتفع بمقدار 20 g .



رهواني سفيان

الشكر و الحمد لله الذي أثار لنا درب العلم و المعرفة و الذي أعاننا ووقفنا في انجاز هذا العمل المتواضع نهدي هذا العمل .
لكم أعزائي تلاميذ بكالوريا 2022 أضع بين أيديكم هاته سلسلة الرائد من التمارين حول المجال الثالث الديناميكا الحرارية تمرين تتكون من: 58 تمرين

سلسلة تمارين في مجال
الديناميكا الحرارية
③ هـ ط



اشكر جميع أساتذة المادة على مساهماتهم ونشرهم للمواضيع والإمتحانات لتعم الفائدة
بالتوفيق والنجاح لجميع تلاميذ هندسة الطرائق .انتظرونا في سلسلة للمجال الرابع
شعارنا العلامة الكاملة إن شاء الله في بكالوريا 2022

في اسطوانة ايزوترمية من 10 litres مبردة بتمرير الماء ، نضغط الهواء بصفة عكوسية و تحت درجة حرارة ثابتة و ضغط 1 bar حتى 1 litre ثم 0.1 litre .

1- أحسب العمل الحجمي اللازم لكل عملية ضغط W_{12} و W_{23} .

2- احسب كمية الحرارة Q في كل عملية ضغط .

3- كيف يتغير الضغط P ، الطاقة الداخلية ΔU و الأنطالي ΔH ؟ برر اجابتك .

4 - كيف ستكون النتائج السابقة اذا ما استبدلنا الهواء بغاز ثاني هيدروجين H_2 ؟

التمرين رقم 7

في اسطوانة محرك ذات احتراق (محرك ديزال) يوجد 1 g من الهواء تحت ضغط 45 bars و درجة حرارة $590^\circ C$ نحقن وقود الذي يحترق محمرا كمية من الحرارة تقدر بـ 2 k J و مسبيتا في تمدد الهواء الموجود في الأسطوانة . كل هذه العمليات تعتبر عكوسية و تحدث تحت ضغط ثابت . الحرارة الكتلية المتوسطة للهواء

$$c_p = 1.216 \text{ kJ / Kg } ^\circ K$$

1- عين قيم متغيرات الحالة قبل و بعد عملية الحقن .

2- ما هو العمل الحجمي للمكبس ؟ فسر اشارته .

3- احسب تغيير الطاقة الداخلية ΔU و الأنطالي ΔH

التمرين رقم 8

نقوم بضغط (تكليس) غاز ثاني أزوت N_2 من الحالة الابتدائية (1) الى الحالة النهائية (2) بثلاثة تحويلات مختلفة :

التحويل (a) : ثابت الحجم (Isochore) ثم ثابت الضغط (Isobare)

التحويل (b) : ثابت الضغط (Isobare) ثم ثابت الحجم (Isochore)

التحويل (c) : ثابت درجة الحرارة (Isotherme)

السعة الحرارية للمسر $C_{cal} = 160 \text{ J / } ^\circ K$ الحرارة الكتلية للماء : $c_e = 4.15 \text{ J / g.k}$

1- ماذا يحدث لبخار الماء داخل المسر ؟ ما هي الحرارة النوعية للماء التي يمكن قياسها مباشرة من هذه التجربة

2- اكتب المعادلة المسعرية باعتبار النظام ادياتيكي . استنتج علاقة L_{vap} . احسب قيمتها .

3- احسب الأنطالي المولي لتبخير الماء .

4- اكتب معادلة تفاعل تبخر الماء مع إدخال الأنطالي المولي للتبخير ΔH_{vap} .

التمرين رقم 4 :

نخرج من المبرد قطعة حديد كتلتها $m_1 = 500 \text{ g}$ عند $(t_1 = -30^\circ C)$ و نضعها داخل مسر حراري سعته $150 \text{ J / } ^\circ K$ و يحتوي على ماء كتلته $m_2 = 200 \text{ g}$ و عند $(t_2 = 4^\circ C)$.

1- احسب كتلة الجليد المتشكل داخل المسر عند $0^\circ C$.

2- استنتج حالة التوازن للنظام داخل المسر .

الحرارة الكتلية للجليد: $C_{glace} = 2.09 \text{ KJ / Kg } ^\circ K$

الحرارة الكتلية للحديد : $C_{fer} = 0.46 \text{ KJ / Kg } ^\circ K$

الحرارة النوعية لانصهار الجليد : $L_{fus} = 333 \text{ KJ / Kg}$

الحرارة النوعية للماء $C_{eau} = 4.18 \text{ KJ / Kg } ^\circ K$

التمرين رقم 5 :

الاحتراق التام ل 1.8 g من الغلوكوز $C_6H_{12}O_6$ في مسر حراري سعته الحرارية $C = 6.24 \text{ KJ / } ^\circ K$ يؤدي الى رفع درجة حرارة المسر بـ $4.5^\circ C$.

1- اكتب معادلة تفاعل الاحتراق الحادث .

2- احسب الحرارة المولية لتفاعل احتراق الغلوكوز

3- استنتج الأنطالي المولي لتفاعل الاحتراق

التمرين رقم 6 :

أكتب معادلة تفاعل ذوبان (KOH) في الماء موضحا أمامه أنطالي التفاعل .
احسب السعة الحرارية المولية للبوتاس (KOH) .

$$C_{eau} = 4.185 \text{ J/g } ^\circ\text{K} \text{ - السعة الحرارية الكتلية للماء}$$

التمرين رقم 11

نضع داخل مسعر حراري 100ml من NaOH تركيزه 1mol / l ونقيس درجة الحرارة الابتدائية $^\circ\text{C}$
 $T_i = 22.5$ ثم نضيف 100ml من HCl تركيزه 1mol / l ونحرك جيدا ونقيس درجة الحرارة النهائية
 $T_f = 30.14^\circ\text{C}$

أحسب الحرارة المولية للتعديل Q_p .

استنتج الأنطالي المولي للتعديل ΔH_{neutr}

$$C_{cal} = 200.46 \text{ J.K}^{-1} / C_e = 4.185 \text{ J.K}^{-1}.g^{-1} \text{ المولية الحرارة المولية}$$

التمرين رقم 12

نضع 200g من الماء في مسعر حراري مع 5g من قطع جليدية عند 0°C ، فكانت درجة الحرارة الابتدائية
 $T_i = 30^\circ\text{C}$ وعند التوازن وجدنا درجة الحرارة النهائية (العظمى) $T_f = 27^\circ\text{C}$
ما نوع هذا التحول ؟

احسب الحرارة المولية لأنصهار الجليد ، و هل هو تحول ماص للحرارة أم ناشرمع التبرير؟

استنتج الحرارة النوعية (الكتلية) لأنصهار الجليد L_f ثم عرفها؟

التمرين رقم 13

ماهي كمية الحرارة التي يجب تقديمها لـ 100g من الجليد مأخوذ عند 0°C للحصول على ماء سائل عند درجة
 20°C .

يعطى: السعة الحرارية للماء هي : $C_{eau} = 4185 \text{ J.kg}^{-1}.K^{-1}$.

السعة الحرارية الكتلية لأنصهار الجليد هي: $L_f = 3,34.105 \text{ J.kg}^{-1}$

الحالة (1) Etat (1)	الحالة (2) Etat (2)
$P_1 = 1 \text{ bar}$	$P_2 = 3 \text{ bar}$
$V_1 = 3 \text{ Litres}$	$V_2 = 1 \text{ Litre}$

1- مثل عل البيان $P = f(V)$ التحولات الثلاثة .

2- احسب العمل المتلقى من طرف الغاز في كل تحول .

3- ما هو التحول الذي نختاره اذا أردنا أن نوفر الطاقة الميكانيكية ؟

التمرين رقم 9

نمزج داخل مسعر حراري ذو سعة حرارية تساوي $200.64 \text{ J/}^\circ\text{K}$ ، 100ml من محلول حمض الكبريتات
 H_2SO_4 (1 mol / l) و 200 ml من الصودا NaOH (1 mol / l) حيث درجة الحرارة
تساوي 22.50°C وهي نفس درجة حرارة المسعر، وبعد ذلك ترتفع درجة حرارة الخليط لتصبح
 30.14°C علما أن السعة الحرارية للمحلول هي $4.0755 \text{ J/g}^\circ\text{K}$ وكتلته الحجمية 1.036 g/cm^3

1- أحسب أنطالي التعديل بالـ H_2SO_4 لواحد مول من KJ.mol^{-1}

2- في نفس الظروف استنتج أنطالي التعديل لواحد مول من HCl .

التمرين رقم 10

مسعر حراري ، مزود بمحار و مخطط ، يحتوي على 100 ml من الماء المقطر عند 20°C .

نضع 11, 22 g من البوتاس (KOH) في ماء المسعر ، نغلق المسعر و نخلط المحلول حتى الذوبان التام.

نراقب درجة حرارة المحلول و نقرأ القيمة النهائية العظمى التي توافق 46°C .

احسب كمية الحرارة المبادلة خلال ذوبان البوتاس (KOH) .

استنتج الحرارة المولية للذوبان

T(K) درجة الحرارة

.....

T₁=T₂

أ. ما نوع التحول .

ب. اكمل الجدول مع التعليل.

ت. جد العمل W واستنتج كمية الحرارة Q.

$$R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1} . \text{K}^{-1}; 1 \text{ atm} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}; \text{O} = 16 \text{ g.mol}^{-1}; \text{C} = 12 \text{ g.mol}^{-1}$$

التمرين الثاني:

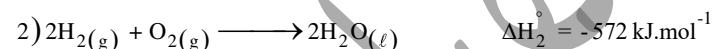
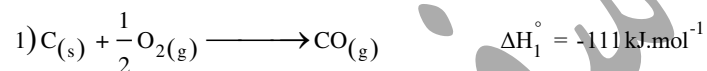
1. مسعر حراري سعته الحرارية C_{cal} يحتوي على كتلة m₁=100g من الماء عند درجة حرارة T₁=25°C، نضيف له كتلة m₂=80g من الماء عند درجة حرارة T₂=80°C نسجل درجة حرارة التوازن T_{eq}= 46,5°C.

أحسب السعة الحرارية للمسعر C_{cal}.

2. من أجل تحضير مشروب ساخن بالمسعر السابق درجة حرارته T_{eq}=56,61°C حجمه V=3 L نخرج حجم V₁ من الماء البارد درجة حرارته T₁=10°C بحجم V₂ من الماء درجة حرارته T₂=80,5°C.

$$\rho = 1 \text{ g.mL}^{-1}; c_{\text{eau}} = 4,185 \text{ J.g}^{-1} . \text{K}^{-1} \text{ جد الحجمين } V_1 \text{ و } V_2.$$

II. باستعمال المعادلات التالية:

(1) احسب انتالبي التفاعل التالي ΔH_4° عند 25°C:

تمارين شاملة

التمرين الأول:

I. يتحول مول من سكر الغلوكوز الصلب C₆H₁₂O_{6(s)} في وجود محفز الى مولين من حمض اللاكتيك وفق

التفاعل التالي:

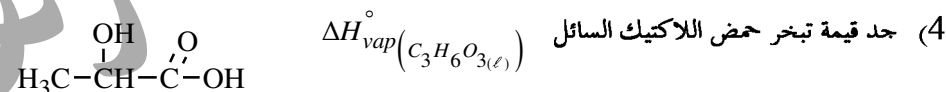
(1) اكتب معادلتين الاحتراق لكل من الغلوكوز الصلب و حمض اللاكتيك السائل.

(2) جد قيمة أنطالبي التشكل $\Delta H_f^\circ(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_{6(s)})$ و $\Delta H_f^\circ(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_{3(l)})$.

$$\Delta H_{\text{comb}}^\circ(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)_{(s)} = -2816 \text{ kJ / mol}$$

$$\Delta H_{\text{comb}}^\circ(\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3)_{(l)} = -1364 \text{ kJ / mol}; \text{C}_{(sub)} = 717 \text{ kJ / mol}$$

(3) احسب قيمة أنطالبي تفاعل تحول الغلوكوز الصلب إلى حمض اللاكتيك السائل.



الرابطة	C - C	O = O	H - H	C = O
$\Delta H_d(\text{KJ/mol})$	348	498	436	843
الرابطة	C - O	O - H	C - H	
$\Delta H_d(\text{KJ/mol})$	351	462	413	

II. تخضع كتلة m=14g من غاز احادي أكسيد الكربون CO الى تحول من الحالة A الى B:

	الحالة A	الحالة B
الحجم V(L)	4,86	.....
الضغط P(atm)	3	2P ₁

3. جد قيم كل من $Q_{C \rightarrow A}$; $Q_{A \rightarrow B}$; $W_{B \rightarrow C}$; $W_{A \rightarrow B}$

$$R = 8,314 \text{ J / mol.K} ; C_p = 0,99 \text{ KJ / K.mol} ; C_v = 0,84 \text{ KJ / K.mol}$$

$$1\text{m}^3 = 10^3 \text{ L} \quad ; \quad 1\text{atm} = 1,013.10^5 \text{ Pa}$$

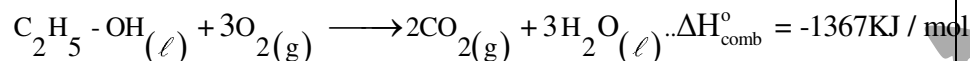
1.II يتأكسد الإيثانول إلى حمض الإيثانويك عند درجة الحرارة 25°C وفق التفاعل التالي:



- أحسب أنطالي تشكل حمض الإيثانويك السائل $(CH_3COOH)_{(l)}$ ΔH_f° .

$$\Delta H_f^o (H_2O)_{(l)} = -286 \text{ KJ / mol} ; \Delta H_f^o (C_2H_5OH)_{(l)} = -277,6 \text{ KJ / mol}$$

(2) يحترق الإيثانول السائل احتراقاً تاماً عند 25°C وفق التفاعل التالي:

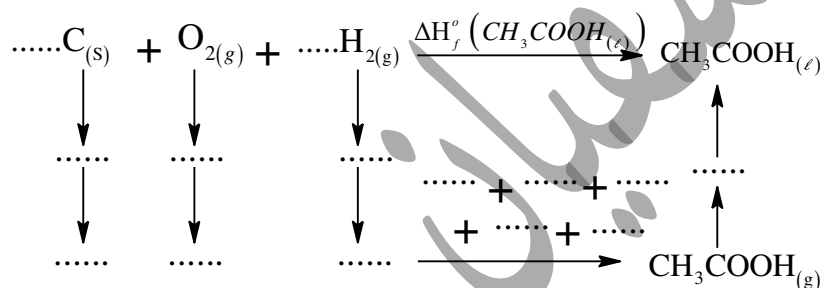


- احسب انطالي احتراق الإيثانول السائل عند 90°C

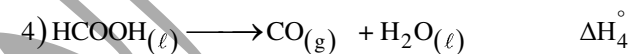
$$\Delta H_{\text{vap}}^{\circ}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}_{(\ell)}) = 42,8 \text{ KJ/mol} \quad / \quad T_{\text{eb}}(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 78^{\circ}\text{C}$$

المركبات	$H_2O_{(l)}$	$CO_{2(g)}$	$O_{2(g)}$	$C_2H_5OH_{(l)}$	$C_2H_5OH_{(g)}$
$C_p \left(J.mol^{-1}.K^{-1} \right)$	75,29	30,5	29,36	112,3	65,6

(3) اليك مخطط تشكل حمض الإيثانويك السائل:



المركب	CO _{2(g)}	H ₂ O _(l)
ΔH _f [°] (kJ / mol)	- 393	- 286



(2) احسب انتالي التفاعل (2) عند 110°C . $\Delta H^{\circ}_{\text{vap}}(\text{H}_2\text{O}) = 44\text{kJ} / \text{mol}$

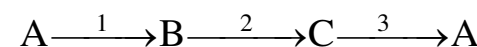
المركبات	H ₂ O _(l)	O _{2(g)}	H _{2(g)}	H ₂ O _(g)
C _p (J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)	75,29	29,36	28,82	33,58

(2) احسب طاقة تشكل الرابطة ΔH_f° لأحادي أكسيد الكربون (CO).

$$\Delta H_{sub(C)}^{\circ} = 717 \text{ kJ.mol}^{-1} ; \Delta H_{d(O=O)}^{\circ} = 498 \text{ kJ.mol}^{-1}$$

التمرين الثالث:

I. غاز مثالي كثافته 2 وكتلته $m=29\text{g}$ يخضع للتحويلات التالية:



	الحالة A	الحالة B	الحالة C
الضغط(atm)	2	4	$P_C = P_A$
الحجم(L)	.....	$V_A = V_B$	$V_C = 2V_A$
درجة الحرارة(K)	292,42	.....	$T_C = T_B$

1. احسب الحجم V_A الذي يشغله هذا الغاز واستنتج درجة الحرارة T_B .

2. اعط المخطط المناسب لهاته التحولات $P=f(V)$.

أحسب الفرق بين كمية الحرارة عند ضغط ثابت وكمية الحرارة عند حجم ثابت للتفاعل الرابع عند درجة

$$R = 8,314 \text{ J/mol.k}$$

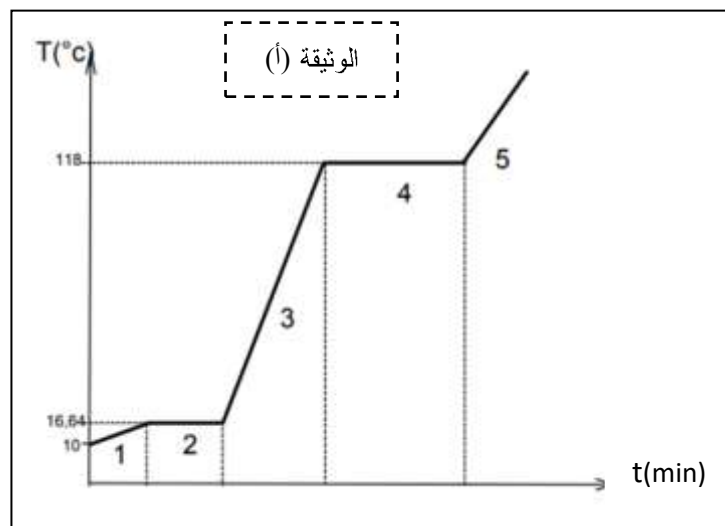
$$T = 298 \text{ K}$$

التمرين الخامس:

الرابط	C - C	O = O	H - H	C - O	O - H	C - H
$\Delta H_d (\text{KJ/mol})$	348	498	436	351	462	413

أ. إنطلاقاً من الوثيقة (أ) التي تمثل مخطط تغيرات الحالة الفيزيائية (صلب-سائل-غاز) لكتلة مقدارها

$$m = 20 \text{ g}$$



1. حدد الحالة الفيزيائية لحمض الخل في المراحل: 1 ، 2 ، 3 ، 4 ، 5 .

2. حدد درجة حرارة الانصهار T_{fus} ودرجة حرارة الغليان T_{eb} لحمض الخل.

3. أحسب الحرارة النوعية الكتلية لانصهار حمض الخل L_{fus} والحرارة النوعية الكتلية لتبخير حمض الخل L_{vap} .

4. علماً أن كمية الحرارة المستهلكة خلال:

$$Q_2 = 3.91 \text{ KJ} \quad \text{المرحلة 2:} -$$

أ- أكمل مخطط تشكل حمض الإيثانويك السائل.

ب- احسب طاقة تفكك الرابطة (C = O) لحمض الإيثانويك $E_{(C=O)}$.

$$\Delta H_{vap}^o (\text{CH}_3\text{COOH}_{(l)}) = 52,1 \text{ KJ/mol} ; \Delta H_{Sub}^o (\text{C})_{(s)} = 717 \text{ KJ/mol}$$

التمرين الرابع:

أ. يحترق $m_1 = 6 \text{ g}$ من البنزين السائل $\text{C}_6\text{H}_6(l)$ في مسعر حراري سعته الحرارية $C = 250 \text{ J/K}$ يحتوي على

$m_2 = 9000 \text{ g}$ من الماء ، إذا علمت أن درجة الحرارة الابتدائية للماء والمسعر $T_1 = 20^\circ\text{C}$ والسعة

الحرارية الكتلية للماء $C = 4,18 \text{ J/g.K}$ وأنطالي الإحتراق $\Delta H_r^o (\text{C}_6\text{H}_6)_{(l)} = -3268 \text{ KJ/mol}$

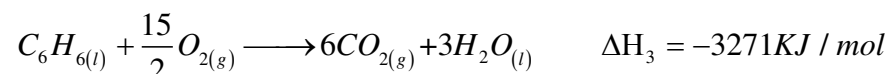
المطلوب: أحسب

1. كمية الحرارة الناتجة عن الإحتراق Q_1 .

2. درجة الحرارة النهائية عند التوازن T_2 .

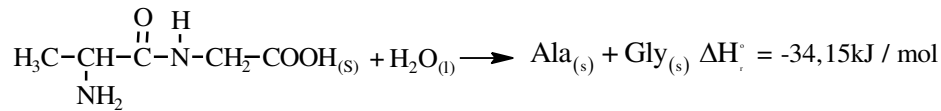
3. كمية الحرارة التي اكتسبها الماء Q_2 .

II. من جهة أخرى لديك التفاعلات التالية عند 25°C



1. أحسب أنطالي التشكل لكل من البنزين $\Delta H_f^o (\text{C}_6\text{H}_6)_{(l)}$ وحلقي الهكسان $\Delta H_f^o (\text{C}_6\text{H}_{12})_{(l)}$.

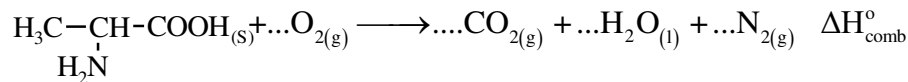
2. هل هذا التفاعل الثالث ماص للحرارة أم ناشر للحرارة. علل إجابتك.



2- أحسب أنطالي تشكل الألانين الصلب $\Delta H_f^\circ (\text{Ala})_{(s)}$.

المركب	$(\text{A})_{(s)}$	$(\text{H}_2\text{O})_{(l)}$	$(\text{Gly})_{(s)}$
$\Delta H_f^\circ (\text{kJ/mol})$	- 767.35	- 286	- 527,5

2- أحسب أنطالي تفاعل إحتراق $(\Delta H_{\text{comb}}^\circ)$ الألانين الصلب عند 25°C .



$$\Delta H_f^\circ (\text{CO}_2)_{(g)} = -393 \text{ kJ/mol}$$

جد أنطالي الإحتراق للتفاعل السابق عند 75°C .

المركب	$\text{CO}_{2(g)}$	$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	$\text{O}_{2(g)}$	$\text{N}_{2(g)}$	$(\text{Ala})_{(s)}$
$C_p (\text{J/mol.K})$	$32,5 + 17,05 \times 10^{-3} T$	75,24	$26,47 + 9,73 \times 10^{-3} T$	29,12	115,2

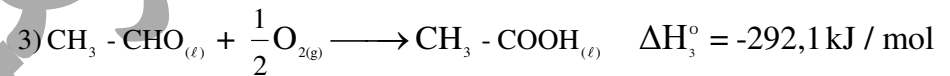
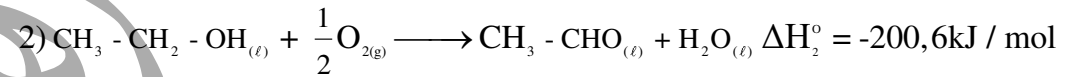
- المرحلة 4: $Q_4 = 7.90 \text{ KJ}$

II. من أجل التأكد تجريبيا من قيمة L_{fus} نضع كتلة $m_1 = 300 \text{ g}$ من حمض الخل السائل في مسعر حراري (سعته الحرارية مهملة) عند الدرجة $T_1 = 25^\circ\text{C}$ ثم نضيف كتلة $m_2 = 10 \text{ g}$ من حمض الخل الصلب عند الدرجة فتصبح درجة الحرارة عند التوازن $T_{\text{eq}} = 21.68^\circ\text{C}$.
- أحسب الحرارة النوعية لإنصهار حمض الخل.

تعطى: السعة الحرارية الكتلية لحمض الخل السائل $C_m = 2.05 \text{ J/g.K}$.

1. أكتب معادلة تفاعل الإحتراق التام لحمض الخل السائل.

2. أحسب أنطالي تفاعل إحتراق حمض الخل السائل $\Delta H_{\text{comb}}^\circ$ عند الدرجة 25°C انطلاقا من التفاعلات التالية



التمرين السادس:

I. يُنضغ $\left(\frac{1}{R} \text{ mol}\right)$ من غاز مثالي درجة حرارته الابتدائية 200 K للتحويلات التالية:

تحويل (1) $A \longrightarrow B$ يتم تسخين عند حجم ثابت من T_A إلى $T_B = 2T_A$.

تحويل (2) $B \longrightarrow C$ يتم عند درجة حرارة ثابتة مع زيادة في كمية الحرارة للتحويل السابق بمقدار 230 J .

تحويل (3) $C \longrightarrow A$ يتم عند ضغط ثابت.

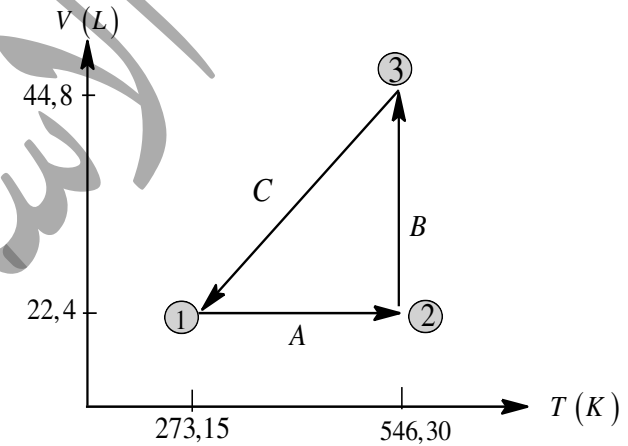
احسب كل من $\Delta H_{C \rightarrow A}$; $W_{C \rightarrow A}$; $W_{B \rightarrow C}$; $\Delta U_{A \rightarrow B}$

$$C_V = \frac{5}{2}R \quad ; \quad C_P - C_V = R \quad ; \quad R = 8,314 \text{ J/mol.K}$$

II. 1- إماهة ثنائي بيبتيد (A) بوجود إنزيم عند 25°C يتم وفق التفاعل التالي:

التمرين السابع:

I. ينجز 1mol من غاز مثالي التحولات المبينة على الشكل التالي:



1- أكمل الجدول التالي:

الحالة	$P(atm)$	$V(L)$	$T(K)$
1	1	22,414	273,15
2	2	.....	546,30
3	.....	44,828	.....

2- ما نوع التحولات A, B, C.

3- أحسب كل من:

1- العمل W ، كمية الحرارة Q لكل تحول.

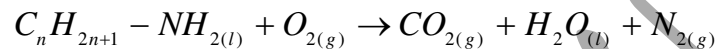
$$C_p - C_v = R, 1atm = 1,01325 \times 10^5 (Pa),$$

$$C_v = 12,5 J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}, R = 8,314 J / mol \cdot K$$

II. 1. مسعر حراري سعته الحرارية (C_{cal}) به كمية من الماء $m_1 = 150g$ درجة حرارة المسعر ومحتواههي $T_1 = 40^\circ C$ نضيف له كتلة من الماء $m_2 = 200g$ درجة حرارتها $T_2 = 15^\circ C$. نتظر حدوثالتوازن ونسجل $T_{eq} = 27,04^\circ C$.- أحسب السعة الحرارية للمسعر (C_{cal}).2. من أجل رفع درجة حرارة قطعة من الجليد نستعمل المسعر السابق ومحتواه عند درجة حرارة التوازن T_{eq} نضيف اليه قطعة من الجليد كتلتها $m_g = 45g$ درجة حرارتها $T_3 = -10^\circ C$ عند حدوث التوازن تصبحدرجة الحرارة النهائية هي T_f .- جد درجة حرارة الجملة T_f . $C_{H_2O} = 4,185 J / g \cdot K$; $C_g = 2,1 J / g \cdot K$; $L_{fus} = 335 J / g$.

التمرين الثامن:

I. يحترق أمين سائل وفق التفاعل التالي:

- وازن معادلة التفاعل بدلالة n .نقوم بحرق كتلة $3g$ من الأمين السابق داخل مسعر حراري سعته $200 J / K$ يحتوي على $300g$ من الماءفترتفع درجة الحرارة بمقدار $82,6 K$.

1. أحسب كمية حرارة الاحتراق.

2. إستنتج أنطالي تفاعل الاحتراق بدلالة n .

3. جد الصيغة نصف المفصلة للأمين.

يعطى: $C_e = 4,185 J / g \cdot K$

$$\Delta H_{f(CO_2(g))} = -393 kJ / mol, \Delta H_{f(H_2O(l))} = -286 kJ / mol, \Delta H_{f(C_n H_{2n+1} NH_2(l))} = -101,5 kJ / mol$$

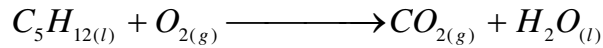
كتلتها 40g ودرجة حرارتها $5^{\circ}C$ -.

المركب	$O_{2(g)}$	$CO_{2(g)}$	$H_2O_{(l)}$	$N_{2(g)}$	$C_nH_{2n+1} - NH_{2(l)}$
$C_p(j / mol.k)$	29.36	37.58	75.29	29.1	164.1

- ماهي درجة حرارة المزيج النهائية عند التوازن الحراري؟

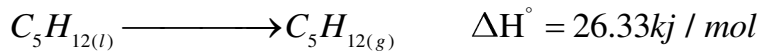
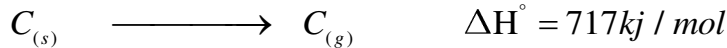
علما أن: $L_{fus} = 334 j / g$, $C_g = 2.09 j / g.k$, $c_e = 4.15 j / g.k$,

II. يحترق البنتان السائل C_5H_{12} وفق التفاعل التالي عند الدرجة $298K$.



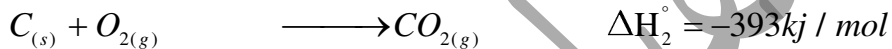
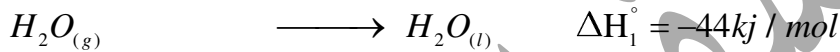
1. وازن المعادلة السابقة.

2. أحسب أنطالي تشكيل البنتان السائل C_5H_{12} عند الدرجة $298K$ مستخدما المعطيات التالية:



نوع الرابطة	$H-H$	$C-H$	$C-C$
$E_{(A-B)} (Kj / mol)$	436	413	348

3. أحسب أنطالي إحترق البنتان السائل. يعطى:



4. أحسب التغير في الطاقة الداخلية ΔU° لتفاعل الإحترق عند $298K$ $R = 8.314 j / mol.k$.

4. أحسب أنطالي تفاعل الإحترق عند $40^{\circ}C$ إذا علمت أن:

5. من خلال مخطط تشكل الأمين السابق أحسب طاقة الرابطة $N \equiv N$.

يعطى $\Delta H_{sub(C(s))} = 717 kJ / mol$, $\Delta H_{vap} = 31.4 kJ / mol$

الرابطة	$H-H$	$C-H$	$N-H$	$C-N$	$C-C$
$\Delta H_d (kJ / mol)$	436	413	387	292	348

II. يتعرض $0.5 mol$ من غاز الأرغون Ar (نعتبره غاز مثالي) لتحولات عكوسة فينتقل من:

أ. حالة 1 إلى حالة 2 عند حجم ثابت (تحول a).

ب. حالة 2 إلى حالة 3 عند درجة حرارة ثابتة (تحول b).

	1 $\xrightarrow{a}$ 2 $\xrightarrow{b}$ 3	الحالة 1	الحالة 2	الحالة 3
الضغط $P(atm)$	1	2	.....	.....
الحجم $V(L)$	.....	.....	6	.....
درجة الحرارة $T(K)$	298	.....	.....	.....

1- أكمل الجدول أعلاه.

2- أحسب العمل W وكمية الحرارة Q وقيمة التغير في الطاقة الداخلية ΔU والأنطالي ΔH لكل من:

أ. التحول (a).

ب. التحول (b).

يعطى: $C_p = \frac{5R}{2}$, $R = 8.314 j / mol.k$, $1atm = 1.013 \times 10^5 Pa$

التمرين التاسع:

I. في مسعر حراري نضع كمية من الماء قدرها 150g عند درجة حرارة $48^{\circ}C$ نضيف قطعة من الجليد

التمرين العاشر:

I. يحترق البنزين السائل $C_6H_{6(l)}$ ليعطي CO_2 والماء السائل.

1. أكتب معادلة تفاعل الإحتراق.

2. إذا علمت أن التغير في الطاقة الداخلية عند $25^\circ C$ هي: $\Delta U = -3264.29 \text{ kJ/mol}$

- أحسب أنطالي إحتراق البنزين $R = 8.314 \text{ J/mol.K}$

3. أحسب أنطالي تشكل البنزين السائل.

$$\Delta H_{f(CO_2(g))} = -393 \text{ kJ/mol}, \quad \Delta H_{f(H_2O(l))} = -286 \text{ kJ/mol}$$

4. أحسب أنطالي تشكل البنزين الغازي علما أن أنطالي تجميع البنزين السائل هي

$$\Delta H_{Liq(C_6H_6(l))} = -31 \text{ kJ/mol}$$

5. أحسب أنطالي تفكك الرابطة (C=C) في جزيء البنزين.

$$\Delta H_{sub(C(s))} = 717 \text{ kJ/mol}$$

يعطي:

الرابطة	$H-H$	$C-H$	$C-C$
$\Delta H_{diss} \text{ (kJ/mol)}$	436	413	348

6. عند أي درجة حرارة T يصبح فيها تفاعل إحتراق البنزين السائل هو:

$$\Delta H_T = -3262.77 \text{ (kJ/mol)}$$

المركب	$O_2(g)$	$CO_2(g)$	$H_2O(l)$	$C_6H_{6(l)}$
$Cp \text{ (J/mol.K)}$	29.36	37.58	75.29	136

II. نسخن 3 mol من غاز مثالي فترتفع درجة الحرارة من $T_1 = 300 \text{ K}$ إلى $T_2 = 325 \text{ K}$ تحت ضغط

ثابت $P = 4 \text{ bar}$ علما أن السعة الحرارية لهذا الغاز عند ضغط ثابت هي: $Cp = 30 \text{ J/mol.K}$

1. أحسب قيمة العمل W_{1-2} لهذا الغاز.

2. أحسب قيمة Q وحدد نوعها. ثم استنتج ΔH .

3. أحسب قيمة ΔU . $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ pa}$, $R = 8.314 \text{ J/mol.K}$,

استنتج قيمة C_v لهذا الغاز.

التمرين الحادي عشر:

I. نخضع 11.6 g من الهواء لثلاث تحولات عكوسة (a)، (b)، (c)

كما يبين الشكل المقابل:

1. استخرج من البيان متغيرات

الحالة (P, V, T) للحالات الثلاثة 1، 2، 3 واحسب

عدد مولات الهواء المستعملة في التجربة.

2. أحسب درجة الحرارة T_2 .

3. استخرج عبارة العمل المنجز W

خلال التحول (a) أي (من 3 إلى 1)،

ثم أحسب قيمته.

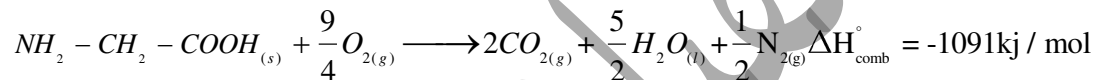
4. أحسب ب kJ تغير الطاقة الداخلية ΔU لكل تحول ثم للدورة كاملة.

وحدات C_p و C_v هي: J/mol.K

$$1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3, \quad 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ pa}, \quad M_{air} = 29 \text{ g/mol}$$

$$Cp / Cv = 1.67 \quad R = 8.314 \text{ J/mol.K}$$

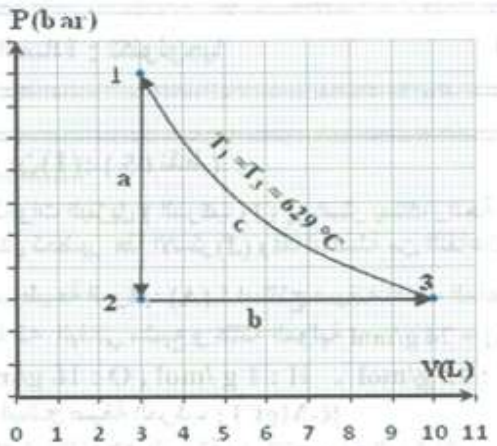
II. إليك معادلة تفاعل إحتراق الغليسين الصلب $Gly_{(s)}$ عند $25^\circ C$ و $P = 1 \text{ atm}$:



1. احسب الأنطالي المولي لتشكيل الغليسين $\Delta H_{f(Gly(s))}^\circ$.

$$\Delta H_{f(CO_2(g))} = -393 \text{ kJ/mol}, \quad \Delta H_{f(H_2O(l))} = -286 \text{ kJ/mol}$$

2. أحسب التغير في الطاقة الداخلية ΔU لتفاعل إحتراق الغليسين الصلب $Gly_{(s)}$.



المركب	$O_2(g)$	$CO_2(g)$	$H_2O(l)$	$N_{2(g)}$	$Gly_{(s)}$
$Cp(j / mol.k)$	29.36	37.58	75.29	29.1	8.5

3. أحسب أنطالي إحتراق الغليسرين عند $80^\circ C$. يعطى:

4. أحسب أنطالي تصعيد (أو تسامي) الغليسرين الصلب $Gly_{(s)}$ علما أن:

$$\Delta H_f^{\circ}(Gly_{(g)}) = -273 k / mol$$

التمرين الثاني عشر:

I. تفاعل إحتراق الكربون الصلب $C_{(s)}$ يتم وفقا للمعادلة التالية:

- تحت ضغط $1 atm$ وحرارة $25^\circ C$ ، نحرق داخل مسعر حراري سعته الحرارية C_{cal} ويحتوي على

$500 g$ من الماء $6 g$ من الكربون $C_{(s)}$.

يرافق هذا الإحتراق إرتفاع درجة الحرارة ب $15^\circ C$ وتحرير كمية من الحرارة قدرها $Q = -196.75 KJ$.

1. أحسب السعة الحرارية للمسعر C_{cal} .

2. إستنتج الأنطالي المولي لتفاعل الإحتراق. ماذا يمثل كذلك هذا الأنطالي؟

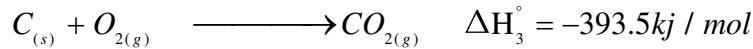
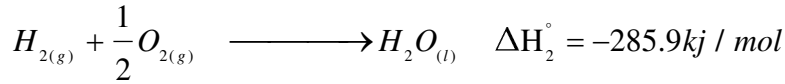
3. أحسب العمل W والتغير في الطاقة الداخلية ΔU اللذان يرافقان هذا التفاعل.

4. أحسب أنطالي تفاعل تشكل غاز $CO_{2(g)}$ عند $200^\circ C$.

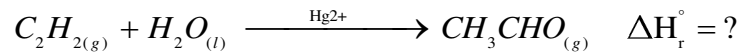
$$R = 8.314 j / mol.k, \quad 1 atm = 1.013 \times 10^5 pa, \quad c_e = 4.15 j / g.k$$

المركب	$O_2(g)$	$CO_2(g)$	$C_{(s)}$
$Cp(j / mol.k)$	29.36	37.58	8.57

II. 1. أكتب تفاعل تشكل الإيثانال الغازي $CH_3CHO_{(g)}$ ثم أحسب $\Delta H_f^{\circ}(CH_3CHO_{(g)})$ باستعمال أنطاليات التفاعلات التالية:



2. يمكن تحضير الإيثانال الغازي $CH_3CHO_{(g)}$ انطلاقا من تفاعل إمالة الأستلين $C_2H_{2(g)}$ حسب التفاعل التالي:



أ. أحسب أنطالي هذا التفاعل ΔH_r° علما أن: $\Delta H_f^{\circ}(C_2H_{2(g)}) = 226.7 kJ / mol$

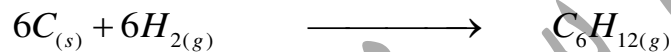
ب. إستنتج طاقة الرابطة $C \equiv C$ في جزيء الأستلين $C_2H_{2(g)}$.

$$\Delta H_{vap}(H_2O(l)) = 40.6 kJ / mol \text{ يعطى:}$$

نوع الرابطة	$O-H$	$C-H$	$C=O$	$C-C$
$E(KJ/mol)$	464	413	719.9	341.9

التمرين الثالث عشر:

I. إليك تفاعل تشكل الهكسن الغازي انطلاقا من عناصره النقية:



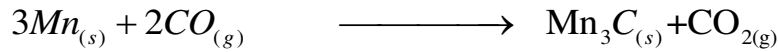
1. أحسب الأنطالي المعياري لتشكل الهكسن الغازي $\Delta H_f^{\circ}(C_6H_{12(g)})$ عند $298 K$.

$$\Delta H_{sub}(C_{(s)}) = 717 kJ / mol \text{ يعطى:}$$

الرابطة	$H-H$	$C-H$	$C=C$	$C-C$
$\Delta H_{diss}(kJ / mol)$	432	415	590	345

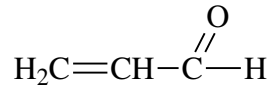
2. أوجد الأنطالي المعياري لتشكل الهكسن الغازي عند $150^\circ C$.

ب. أحسب أنطالي التفاعل التالي عند $300K$.



- مانوع التفاعل؟ علل.

III. الأكرولين مركب عضوي سائل في الشروط العادية صيغته نصف المفصلة :



1. أكتب معادلة الإحتراق التام لـ 1 مول من الأكرولين عند $25^\circ C$.

2. أحسب أنطالي تشكل الأكرولين السائل $\Delta H_f^\circ(CH_2=CH-CHO_{(l)})$ عند $25^\circ C$.

3. أحسب أنطالي تبخر الأكرولين ΔH_{vap}°

4. أحسب كمية الحرارة اللازمة لتبخّر 15g من الأكرولين.

$$\Delta H_{f(H_2O(l))} = -286 \text{ kJ/mol}, \Delta H_{f(CO_2(g))} = -393 \text{ kJ/mol}, \Delta H_{Comb} = -1630 \text{ kJ/mol}$$

نوع الرابطة	H-H	O=O	C=O	C-C	C-H	C=C
E(KJ/mol)	435	498	720	340	415	620

- أنطالي تصعيد الكربون الصلب : $\Delta H_{sub(C(s))} = 717 \text{ kJ/mol}$

$$C: 12 \text{ g/mol}, \quad H: 1 \text{ g/mol}, \quad O: 16 \text{ g/mol}$$

التمرين الرابع عشر:

المركب	$H_{2(g)}$	$C_6H_{12(g)}$	$C_{(s)}$
Cp(j / mol.k)	28.8	84.4	11.3

3. عين الأنطالي المعياري لإحتراق الهكسن الغازي $(C_6H_{12(g)})$ عند .

$$\Delta H_f^\circ(H_2O_{(g)}) = -242 \text{ kJ/mol} \quad \Delta H_f^\circ(CO_2_{(g)}) = -393.5 \text{ kJ/mol}$$

4. أحسب التغير في الطاقة الداخلية ΔU لتفاعل الإحتراق عند $298K$.

$$R = 8.314 \text{ J/mol.k} \quad 1 \text{ Cal} = 4.18 \text{ J}$$

5. إذا علمت أن حرارة التميع للهكسن الغازي $\Delta H_{Liq}^\circ = -11.4 \text{ kcal/mol}$.

- أحسب أنطالي تشكل الهكسن السائل $\Delta H_f^\circ(C_6H_{12(l)})$.

التمرين الرابع عشر:

I. مسعر حراري سعته الحرارية $C = 120 \text{ J/K}$ يحتوي على كمية من الماء $m_1 = 250 \text{ g}$ ودرجة

حرارتها $T_1 = 20^\circ C$ ندخل به قطعة من الجليد كتلتها $m_2 = 12 \text{ g}$ ودرجة حرارتها

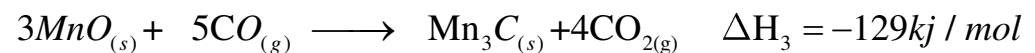
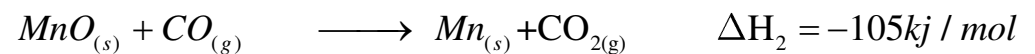
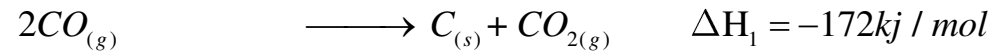
$T_2 = -20^\circ C$ ، تستقر درجة حرارة الجملة بعد الإنصهار الكلي لقطعة الجليد عند

$$T_f = -15.5^\circ C$$

-أحسب الحرارة الكتلية C_g للجليد

$$c_e = 4.185 \text{ J/g.k}, \quad L_{fus} = 333 \text{ J/K}, \quad T_{fus} = 0^\circ C$$

II. لديك التفاعلات التالية عند $300K$:



أ. أحسب أنطالي تشكل $\Delta H_f^\circ(Mn_3C_{(s)})$ عند $300K$.

$$\Delta H_{f(CH_2N_2(s))} = 58.79 \text{ kJ/mol} \quad \Delta H_{f(CO_2(g))} = -393 \text{ kJ/mol} \quad \Delta H_{f(H_2O(l))} = -286 \text{ kJ/mol}$$

2. أحسب كمية الحرارة الناتجة عن احتراق 20g من $CH_2N_{2(s)}$.

3. أحسب الفرق $(Q_p - Q_v)$ عند $25^\circ C$ حيث $R = 8.314 \text{ J/mol.K}$.

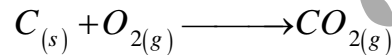
4. أحسب أنطالي الإحتراق عند $80^\circ C$ ثم عند $110^\circ C$. تعطي:

المركب	$O_{2(g)}$	$CO_{2(g)}$	$H_2O_{(l)}$	$N_{2(g)}$	$H_2O_{(g)}$	$CH_2N_{2(s)}$
$Cp(j/g.K)$	0.9175	0.845	4.185	1.04	1.87	1.86

$$N=14, C=12, H=1, O=16 \text{ (g/mol)}, T_{vap}(H_2O)=100^\circ C$$

التمرين الخامس عشر:

I. تفاعل إحتراق الكربون الصلب $C(s)$ يتم وفق للتفاعل التالي:



- تحت ضغط 1atm ودرجة حرارة $25^\circ C$ نحرق 6g من الكربون $C(s)$ بمسعر حراري سعته الحرارية C_{cal} يحتوي 500g من الماء فتتغير درجة الحرارة بمقدار $\Delta T = 15K$ وتحرر كمية

$$Q_{comb} = -196,75 \text{ KJ}$$

1. أحسب السعة الحرارية للمسعر الحراري C_{cal} .

2. استنتج الأنطالي المولي لتفاعل الإحتراق.

3. جد العمل W والتغير في الطاقة الداخلية ΔU لتفاعل الإحتراق.

$$C_{H_2O} = 4,185 \text{ J/mol.K} ; R = 8,314 \text{ J/mol.K} ; 1 \text{ atm} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

4. احسب أنطالي تفاعل تشكل غاز $CO_{2(g)}$ عند $200^\circ C$.

I. يحتوي مسعر حراري سعته الحرارية C على كمية من الماء كتلتها m_1 ودرجة حرارتها T_1 ، ندخل به قطعة معدنية كتلتها m_2 بعد إخراجها من الفرن ودرجة حرارتها T_2 نسجل بعد ذلك حرارة التوازن T_f .

1. أعط العبارات الخرفية لكمية الحرارة لكل من المسعر والماء والقطعة المعدنية.

2. من خلال حصة الأعمال التطبيقية قمنا بالعملية السابقة من خلال تجربتين فتحصلنا على النتائج التجريبية المدونة بالجدول الآتي:

$T_f(^\circ C)$	$T_2(^\circ C)$	$T_1(^\circ C)$	$m_2(g)$	$m_1(g)$	
20.5	88	16.5	118	125	التجربة 1
23.7	75	20	118	91.3	التجربة 2

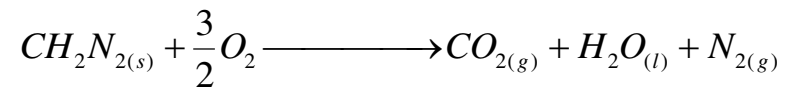
أ. أحسب السعة الحرارية للمسعر والسعة الحرارية الكتلية للقطعة المعدنية.

ب. اعتمادا على الجدول التالي استنتج نوع القطعة المعدنية.

الفلز	رصاص	حديد	ألومنيوم	نحاس
$J/g.K$ الحرارة الكتلية	0.13	0.46	0.88	0.38

$$C_e = 4.185 \text{ J/g.K}$$

II. يحترق السياناميد $CH_2N_{2(s)}$ عند الدرجة $25^\circ C$ وفق التفاعل التالي:

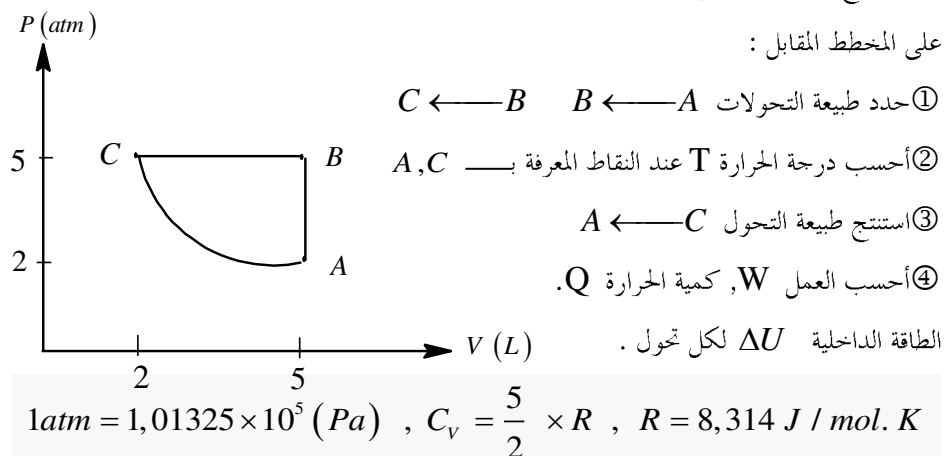


1. أحسب أنطالي الإحتراق ΔH_{comb}° .

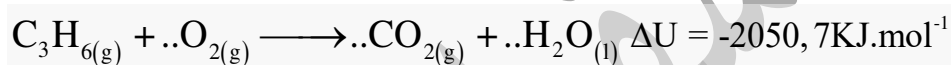
التمرين السادس عشر:

I- يُخضع 0,5 mol من غاز (نعتبره مثاليا) للتحويلات المبينة

على المخطط المقابل:



II- مسعر حراري سعته الحرارية $C = 209 \text{ J/K}$ به $V_1 = 350 \text{ mL}$ من الماء درجة حرارته $T_1 = 16^\circ \text{C}$ تُوضع داخله قطعة من الرصاص كتلتها $m_2 = 280 \text{ g}$ و درجة حرارتها $T_2 = ?$, نسجل درجة حرارة التوازن للجملة $T_f = 17.7^\circ \text{C}$

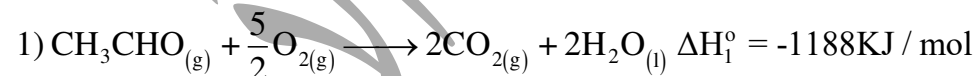
- أحسب T_2 درجة حرارة قطعة الرصاص عند إدخالها بالمسعر .✓ السعة الحرارية الكتلية للرصاص $C_{\text{plomb}} = 0,13 \text{ J / g. K}$ - $C_{\text{eau}} = 4.185 \text{ J/g.K}$ ① III- لديك معادلة تفاعل الاحتراق التام لغاز البروبين عند 25°C :

أ-وازن معادلة تفاعل الاحتراق .

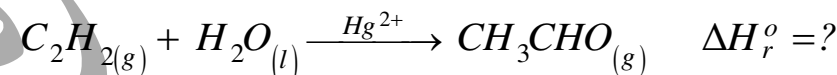
ب- أحسب أنطالي تفاعل الاحتراق $\Delta H_{\text{Comb}}^\circ$ يعطى: $R = 8,314 \text{ J.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ② تأكد من أن أنطالي التفاعل $\Delta H_{\text{Comb}}^\circ$ يوافق نتيجة السؤال ① - ب اعتمادا على المعطيات التالية:

المركب	$\text{CO}_{2(g)}$	$\text{C}_{(s)}$	$\text{O}_{2(g)}$
$C_p(\text{J/mol.K})$	37,1	8,57	29,4

II. 1. ليكن لديك التفاعلات التالية:

أ- اكتب تفاعل تشكل الإيثانال الغزي $\text{CH}_3\text{CHO}_{(g)}$ ب- باستعمال المعادلات السابقة احسب أنطالي تشكل الإيثانال الغازي $\Delta H_f^\circ(\text{CH}_3\text{CHO})_{(g)}$

2. يمكن أنطالي تشكل الإيثانال الغازي انطلاقا من تفاعل امهنة الاسيتيلين حسب التفاعل التالي:

أ. احسب أنطالي التفاعل ΔH_r° علما أن: $\Delta H_f^\circ(\text{C}_2\text{H}_2)_{(g)} = 226,7 \text{ KJ / mol}$ ب. جد طاقة تفكك الرابطة $\text{E}(\text{C} \equiv \text{C})$ في جزيئ الاسيتيلين $\text{C}_2\text{H}_{2(g)}$ علما ان:

$$\Delta H_{\text{vap}}^\circ(\text{H}_2\text{O})_{(l)} = 44 \text{ KJ/mol}$$

الرابطة	C-H	O-H	C=O	C-C
E(KJ/mol)	413	464	719.6	341.9

II. من جهة أخرى لديك 1 mol من غاز مثالي ينتقل من حالة توازن (1) ($P_1=2\text{atm}, T_1=273\text{K}$)

إلى حالة توازن (2) ($T_2=298^\circ\text{K}$) خلال تحول عكوس حيث تبقى القيمة : ($\frac{V}{T} = \text{cste}$).

1. ما نوع هذا التحول ؟ ثم أحسب V_1 , P_2 , V_2 . لهذا التحول .

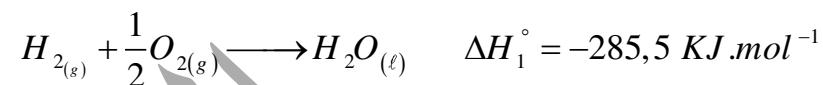
2. أحسب كمية الحرارة Q والعمل W حيث: $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ و $C_V = \frac{3}{2}R$

3. أحسب التغير في الطاقة الداخلية ΔU واستنتج ΔH .

يعطى: $1\text{m}^3 = 10^3\text{L}$, $1\text{atm} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{Pa}$

$E_{\text{C-H}} = 413 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_{\text{d(H-H)}}^0 = 436 \text{ kJ/mol}$, $\Delta H_{\text{sub(C)}}^0 = 716,7$

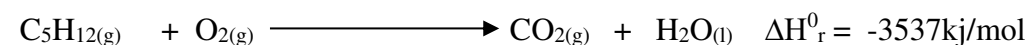
kJ/mol . $R = 8,314 \text{ J/mol} \cdot \text{K}$, $1\text{cal} = 4,185\text{J}$



③- احسب أنطالي تشكّل البروبان الغازي $\Delta H_f^\circ(C_3H_{6(g)})$.

التمرين السابع عشر:

1. لديك تفاعل إحتراق البنتان الغازي $C_5H_{12(g)}$ عند درجة الحرارة 25°C .



أ. وازن معادلة الإحتراق

ب. أحسب أنطالي تشكّل البنتان الغازي $\Delta H_f^0(C_5H_{12(g)})$ عند 25°C .

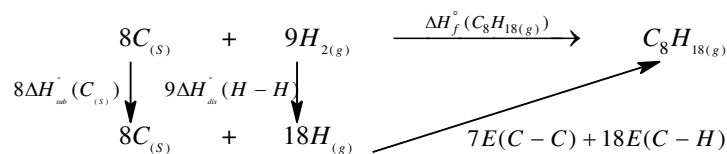
ج. أحسب التغير في الطاقة الداخلية ΔU للبنتان الغازي عند 25°C .

د. أحسب انتالي إحتراق البنتان الغازي عند تغير درجة الحرارة بمقدار 50°C

المركبات	$C_5H_{12(g)}$	$O_{2(g)}$	$CO_{2(g)}$	$H_2O(l)$
$\Delta H_f^0 (\text{kJ/mol})$	.....	/	-393	-286
$C_P (\text{cal/mol} \cdot \text{K})$	28,72	7,01	8,94	18

و. أحسب الطاقة الرابطة $E_{\text{C-C}}$ لتشكّل البنتان الغازي علما أن:

رهواني سفيان



1. احسب الأنطالي المعياري لتشكل الأوكتان الغازي $\Delta H_f^\circ(C_8H_{18(g)})$ عند $298K$.

يعطى:

$$\Delta H_{dis}^\circ(H-H) = 436 \text{ kJ/mol}, \quad \Delta H_{sub}^\circ(C_{(s)}) = 716.7 \text{ kJ/mol}$$

$$E(C-H) = -415 \text{ kJ/mol}, \quad E(C-C) = -345 \text{ kJ/mol}$$

2. احسب الأنطالي المعياري لإحترق الأوكتان $C_8H_{18(g)}$.

$$\Delta H_f^\circ(H_2O_{(g)}) = -241.83 \text{ kJ/mol}, \quad \Delta H_f^\circ(CO_{2(g)}) = -393.5 \text{ kJ/mol}$$

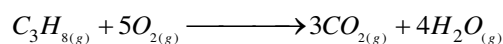
3. احسب التغير في الطاقة الداخلية ΔU عند $298K$.

$$R = 8.31 \text{ J/mol.K}$$

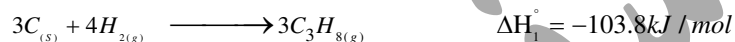
يعطى:

تمرين رقم 03 بكالوريا 2010 الموضوع 01

يعطى التفاعل التالي عند $25^\circ C$:



1. احسب أنطالي هذا التفاعل باستخدام المعادلات التالية:



2. احسب أنطالي هذا التفاعل عند $700^\circ C$.

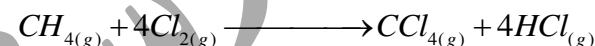
3. احسب طاقة الرابطة $C-H$ في البروبان $C_3H_{8(g)}$.

المعطيات:

تمارين التيرموديناميك الواردة في البكالوريا من 2009 الى 2021

تمرين رقم 1 بكالوريا 2009 الموضوع 01

يتفاعل الميثان مع الكلور عند $298K$ وفق المعادلة الإجمالية:



علما أن أنطالي هذا التفاعل هو: $\Delta H_r^\circ = -401.08 \text{ kJ/mol}$

وبالاعتماد على المعطيات المبينة في الجدولين التاليين:

$\Delta H_f^\circ(CH_{4(g)})$	$\Delta H_f^\circ(HCl_{(g)})$	$\Delta H_{vap}^\circ(CHCl_{3(l)})$	$\Delta H_{dis}^\circ(C-H)$	$\Delta H_{dis}^\circ(H-H)$	$\Delta H_{dis}^\circ(Cl-Cl)$	$\Delta H_{sub}^\circ(C)$
-74.6 kJ/mol	-92.3 kJ/mol	30.4 kJ/mol	415 kJ/mol	432 kJ/mol	242.6 kJ/mol	716.7 kJ/mol

المركب	$CH_{4(g)}$	$Cl_{2(g)}$	$HCl_{(g)}$	$CCl_{4(g)}$
$C_p (J/K.mol)$	35,91	33,93	29,12	83,51

احسب:

1. أنطالي هذا التفاعل عند $298K$.

2. الأنطالي المعياري لتشكل $CCl_{4(g)}$.

3. طاقة الرابطة $C-Cl$.

4. أنطالي تشكل الكلوروفورم $\Delta H_f^\circ(CHCl_{3(l)})$.

تمرين رقم 2 بكالوريا 2009 الموضوع 02

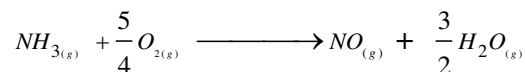
إليك المخطط التالي:

$$C_p(N_2) = 29,10 J / mol.K$$

$$C_p(H_2) = 28,90 J / mol.K$$

$$C_p(NH_3) = 36,1 J / mol.K$$

4. نعتبر التفاعل التالي عند $25^\circ C$:

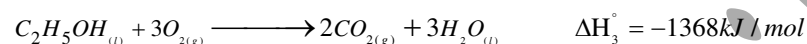


أنطالي هذا التفاعل $\Delta H = -226.7 kJ$

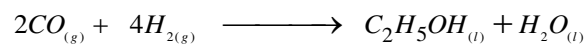
- احسب التغير في الطاقة الداخلية ΔU للتفاعل عند $25^\circ C$.

تمرين رقم 5 بكالوريا 2011 الموضوع 01

1. إنطلاقا من المعادلات التالية عند $25^\circ C$:



أ. احسب أنطالي التفاعل التالي عند $25^\circ C$:



ب. هل هذا التفاعل ماص أو ناشر للحرارة ؟ علّل إجابتك.

ج. احسب أنطالي التشكل ΔH_f° لـ $CO_{(g)}$.

2. احسب التغير في الطاقة الداخلية ΔU للتفاعل (3) عند $25^\circ C$.

يعطى: $R = 8.31 J / mol.K$

تمرين رقم 06 بكالوريا 2011 الموضوع 02

1. يحترق 1g من غاز الإيثيلين C_2H_4 في مسعر حراري فترتفع درجة الحرارة بمقدار $12^\circ C$ حسب معادلة



المركب	$C_3H_{8(g)}$	$H_2O_{(g)}$	$O_{2(g)}$	$CO_{2(g)}$
$C_p(J / mol.K)$	73,89	34,23	29,37	37,20

$$\Delta H_{sub}^\circ(C_{(s)}) = 717 kJ / mol \quad E_{(C-C)} = -347.3 kJ / mol \quad \Delta H_{dis}^\circ(H_2) = 436 kJ / mol$$

تمرين رقم 04 بكالوريا 2010 الموضوع 02

1. تتمدد كتلة 28g من ثنائي الأزوت N_2 تمددا عكسيا من الحجم 2,445L إلى الحجم 24,45L عند

درجة حرارة ثابتة $25^\circ C$.

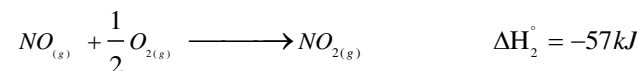
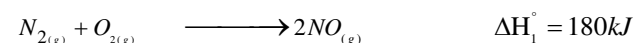
ملاحظة: نعتبر N_2 غاز مثالي.

أ. استخرج عبارة عمل التمدد.

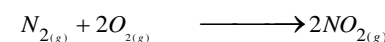
ب. احسب عمل تمدد الغاز N_2 .

يعطى: $R = 8.31 J / mol.K$, $N = 14 g/mol$

2. يتأكسد الغاز N_2 بالأكسجين O_2 وفق التفاعلين التاليين:



أ. استنتج أنطالي ΔH_3 للتفاعل التالي:



ب. هل هذا التفاعل ماص أو ناشر للحرارة ؟ علّل إجابتك.

3. ليكن التفاعل التالي : $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

أنطالي هذا التفاعل عند $25^\circ C$ هو: $\Delta H = -92 kJ$

- احسب أنطالي التفاعل عند $500^\circ C$.

تعطى الساعات الحرارية المولية عند ضغط ثابت:

2. احسب الأنطالي المعياري لتشكل الإيثانول السائل $(C_2H_5OH_{(l)})$. ΔH_f°

$$\Delta H_f^\circ(CO_{2(g)}) = -393kJ/mol$$

$$\Delta H_f^\circ(H_2O_{(l)}) = -286kJ/mol$$

يعطى:

3. إذا علمت أن أنطالي تبخر الإيثانول : $\Delta H_{vap}^\circ = 42.63kJ/mol$.

- احسب الأنطالي المعياري لتشكل الإيثانول الغازي $(C_2H_5OH_{(g)})$. ΔH_f°

4. احسب التغير في الطاقة الداخلية ΔU لتفاعل إحتراق الإيثانول السائل عند $25^\circ C$.

$$R = 8.31j/mol/K$$

5. احسب طاقة الرابطة (C-C) في الإيثانول الغازي .

يعطى:

$$\Delta H_{sub}^\circ(C_{(s)}) = 717kJ/mol, \quad E_{C-H} = -413kJ/mol$$

$$\Delta H_{dis}^\circ(H-H) = 436kJ/mol, \quad E_{C-O} = -351kJ/mol$$

$$\Delta H_{dis}^\circ(O=O) = 498kJ/mol, \quad E_{O-H} = -463kJ/mol$$

تمرين رقم 08 بكالوريا 2012 الموضوع 02

1. أنطالي إحتراق البترن السائل عند $25^\circ C$ هو: $\Delta H_{comb} = -3268kJ/mol$.

أ) اكتب معادلة إحتراق البترن السائل.

ب) احسب الأنطالي المعياري لتشكل البترن السائل $(C_6H_{6(l)})$. ΔH_f°

$$\Delta H_f^\circ(CO_{2(g)}) = -393kJ/mol, \quad \Delta H_f^\circ(H_2O_{(l)}) = -286kJ/mol$$

2. احسب أنطالي إحتراق البترن السائل عند $65^\circ C$.

يعطى:

$$C_p(C_6H_{6(l)}) = 135,17kJ/mol.K, \quad C_p(O_{2(g)}) = 29,5kJ/mol.K$$

$$C_p(CO_{2(g)}) = 37,20kJ/mol.K, \quad C_p(H_2O_{(l)}) = 75,30kJ/mol.K$$

1. احسب كمية الحرارة الناتجة عن إحتراق 1g من غاز الإيثيلين.

علما أن: - السعة الحرارية الكتلية للماء : $C_{eau} = 4.19j/g.^{\circ}C$ - كتلة الماء: 1000g .

2. أ. ماهي كمية الحرارة الناتجة عن إحتراق 1mol من غاز الإيثيلين ؟

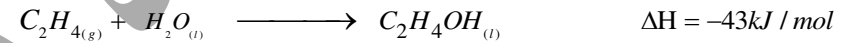
$$C = 12g/mol, \quad H = 1g/mol$$

ب. استنتج الأنطالي ΔH لإحتراق غاز الإيثيلين.

3. احسب الأنطالي المعياري ΔH_f° لتشكل غاز ثاني أكسيد الكربون.

$$\Delta H_f^\circ(H_2O_{(l)}) = -286kJ/mol, \quad \Delta H_f^\circ(C_2H_{4(g)}) = 52kJ/mol$$

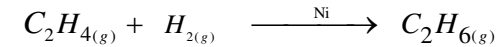
II. نحصل على الإيثانول من إماهة الإيثيلين وفق التفاعل التالي:



- احسب أنطالي تشكل الإيثانول في الحالتين السائلة والغازية.

حيث: أنطالي تبخر الإيثانول $\Delta H_{vap}^\circ(C_2H_5OH_{(l)}) = -84,6kJ/mol$

III. لديك التفاعل التالي عند $25^\circ C$:



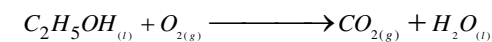
1. احسب أنطالي التفاعل ΔH_r علما أن : $\Delta H_f^\circ(C_2H_{6(g)}) = -84,6kJ/mol$.

2. احسب التغير في الطاقة الداخلية ΔU للتفاعل عند $25^\circ C$.

$$R = 8.31j/mol/K$$

تمرين رقم 07 بكالوريا 2012 الموضوع 01

يحترق الإيثانول عند $25^\circ C$ وفق المعادلة التالية:



حيث أنطالي إحتراق الإيثانول السائل $\Delta H_{com} = -1368kJ/mol$.

1. وازن معادلة تفاعل إحتراق الإيثانول السائل.

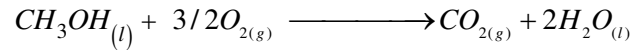
$$C_p(H_2) = 27,25 + 3,2 \times 10^{-3} T \quad J / K.mol$$

$$C_p(N_2) = 27,84 + 4,2 \times 10^{-3} T \quad J / K.mol$$

$$C_p(NH_3) = 29,72 + 2,5 \times 10^{-3} T \quad J / K.mol$$

تمرين رقم 10 بكالوريا 2013 الموضوع 02

I. يمتزق الميثانول السائل وفق التفاعل التالي:



حيث التغير في الطاقة الداخلية لهذا التفاعل عند $25^\circ C$ هو : $\Delta U = -724,76 kJ / mol$

1. احسب أنطالي إحتراق الميثانول السائل. يعطى: $R = 8.31 j / mol / K$

2. احسب أنطالي التشكل ΔH_f° لـ $CH_3OH_{(l)}$

$$\Delta H_f^\circ(CO_{2(g)}) = -393 kJ / mol$$

$$\Delta H_f^\circ(H_2O_{(l)}) = -286 kJ / mol$$

3. احسب طاقة الرابطة (C-O) في CH_3OH

$$\Delta H_{vap}^\circ(CH_3OH) = 35.4 kJ / mol, \quad E_{C-H} = -413 kJ / mol$$

$$\Delta H_{sub}^\circ(C_{(s)}) = 717 kJ / mol, \quad E_{O-H} = -463 kJ / mol$$

$$\Delta H_{dis}^\circ(H-H) = 436 kJ / mol, \quad \Delta H_{dis}^\circ(O=O) = 498 kJ / mol$$

II. (1) يتعرض غاز مثالي حجمه $(V_1 = 24,5 L)$ إلى إنضغاط وفق تحول عكوس من $P_1 = 1 atm$ إلى

$P_2 = 10 atm$ عند درجة حرارة ثابتة تساوي $25^\circ C$.

أ. ماهو عدد مولات هذا الغاز؟

يعطى: $1 atm = 1,013 \times 10^5 Pa$, $R = 8.31 j / mol.K$

ب. ماهو حجم الغاز بعد إنضغاطه؟

ج. احسب العمل (W) المطبق على الغاز.

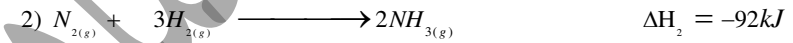
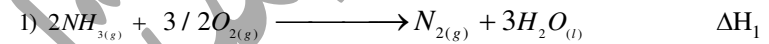
3. أ) احسب أنطالي تبخر البيرن السائل ΔH_{vap}° .

ب) استنتج الحرارة اللازمة لتبخّر 7,8g من البيرن السائل.

$$\Delta H_f^\circ(C_6H_{6(g)}) = 83 kJ / mol, \quad C = 12 g/mol, \quad H = 1 g/mol$$

تمرين رقم 09 بكالوريا 2013 الموضوع 01

عند $25^\circ C$ ، لدينا التفاعلات التاليان:



1) استنتج أنطالي تشكل غاز النشادر $\Delta H_f^\circ(NH_{3(g)})$.

2) احسب الأنطالي ΔH_1 للتفاعل (1).

$$\Delta H_f^\circ(H_2O_{(l)}) = -286 kJ / mol$$

3) احسب الفرق $(\Delta H - \Delta U)$ بالنسبة للتفاعل (1) في الحالتين :

أ. إذا كان الماء الناتج في الحالة السائلة $H_2O_{(l)}$.

ب. إذا كان الماء الناتج في الحالة الغازية $H_2O_{(g)}$.

يعطى: $R = 8.31 j / mol / K$

4) احسب طاقة الرابطة (N-H) في $NH_{3(g)}$.

$$\Delta H_{dis}^\circ(N \equiv N) = 945 kJ / mol$$

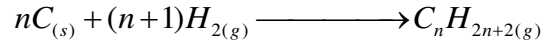
$$\Delta H_{dis}^\circ(H-H) = 436 kJ / mol$$

5) كم تصبح قيمة ΔH_2 للتفاعل (2) عند $550^\circ C$,

يعطى:

تمرين رقم 12 بكالوريا 2014 الموضوع 02

(1) ليكن تفاعل تشكل الألكان التالي:



أ. عبر عن أنطالي تشكل الألكان $(C_nH_{2n+2(g)})$ بدلالة n .

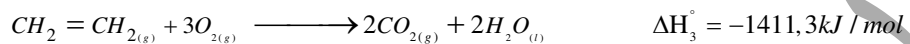
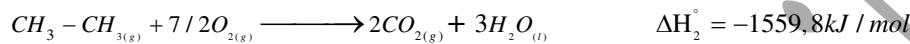
علما أن : عدد الروابط $C-C$ هو $(n-1)$ وعدد الروابط $C-H$ هو $(2n+2)$.

يعطى: $\Delta H_{sub}^\circ(C_{(s)}) = 717 kJ/mol$

الرابط	$C-C$	$C-H$	$H-H$
$E(kJ/mol)$	348	413	436

ب. استنتج الصيغة المجملية للألكان السابق علما أن : $\Delta H_f^\circ(C_nH_{2n+2(g)}) = -84,6 kJ/mol$

(2) لديك عند $25^\circ C$ تفاعلات الاحتراق لكل من الهيدروجين والإيثان والإيثيلين التالية:



أ. اكتب معادلة تفاعل هدرجة الإيثيلين.

ب. استنتج الأنطالي ΔH_4° لتفاعل هدرجة الإيثيلين.

(3) من خلال تفاعل احتراق الهيدروجين عند $T_0 = 25^\circ C$.

أ. احسب طاقة الرابطة $E(O-H)$.

يعطى: $E_{O=O} = 498 kJ/mol$, $\Delta H_{vap}^\circ(H_2O) = 44 kJ/mol$

ب. كم يصبح أنطالي هذا التفاعل عند $T = 80^\circ C$ ؟

يعطى:

المركب	$H_{2(g)}$	$O_{2(g)}$	$H_2O_{(l)}$
$C_p(J/mol.K)$	28,84	29,37	75,30

د. استنتج قيمة التغير في الطاقة الداخلية ΔU .

ه. ماهي قيمة كمية الحرارة (Q) المتبادلة أثناء الإنضغاط؟

(2) يتمدد غاز مثالي من الحجم $V_1 = 0,9L$ إلى الحجم $V_2 = 1L$ عند ضغط بخارجي ثابت $P = 30 atm$

- احسب العمل بالجول الذي يقدمه النظام أثناء تمدد الغاز.

تمرين رقم 11 بكالوريا 2014 الموضوع 01

(1) احسب أنطالي التشكل لغاز البوتان $(C_4H_{10(g)})$.

يعطى: $\Delta H_{sub}^\circ(C_{(s)}) = 717 kJ/mol$

الرابط	$C-C$	$C-H$	$H-H$
$E(kJ/mol)$	348	413	436

(2) أ. اكتب معادلة الاحتراق التام لغاز البوتان عند $25^\circ C$.

ب. احسب أنطالي الاحتراق . هل التفاعل ماص أو ناشر للحرارة ؟ علّل إجابتك.

يعطى: $\Delta H_f^\circ(CO_{2(g)}) = -393 kJ/mol$, $\Delta H_f^\circ(H_2O_{(l)}) = -286 kJ/mol$

ج. احسب مقدار التغير في الطاقة الداخلية ΔU لاحتراق غاز البوتان عند $25^\circ C$.

يعطى: $R = 8,31 J/mol.K$

(3) عند أي درجة حرارة تكون أنطالي احتراق غاز البوتان مساوية ل:

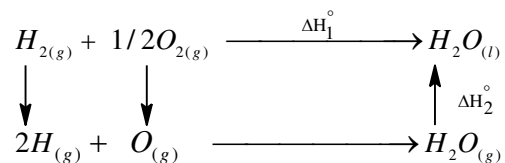
$\Delta H_{comb}^\circ(C_4H_{10(g)}) = -2870 kJ/mol$

المركب	$C_4H_{10(g)}$	$O_{2(g)}$	$CO_{2(g)}$	$H_2O_{(l)}$
$C_p(J/mol.K)$	100,6	29,37	37,20	75,30

(4) يتمدد $0,5 mol$ من غاز البوتان تمدا عكسيا عند درجة حرارة $298 K$ من حجم $3L$ إلى حجم

$10L$ مع اعتبار أن البوتان غاز مثالي.

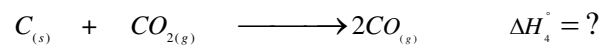
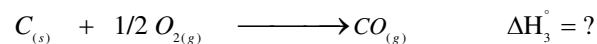
- احسب عمل التمدد.



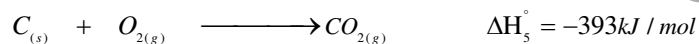
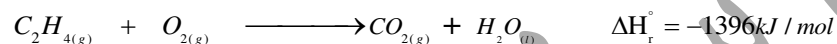
يعطى:

$$E_{O-H} = -463 \text{ kJ/mol}, \quad \Delta H_{dis}^\circ (O=O) = 498 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{dis}^\circ (H-H) = 436 \text{ kJ/mol}, \quad \Delta H_2^\circ = -44 \text{ kJ/mol}$$

أ. ماذا تمثل ΔH_2° ؟ب. احسب ΔH_1° .(2) احسب ΔH_4° و ΔH_3° للتفاعلين التاليين:

باستعمال معادلتَي التفاعلين التاليين:

(3) يحترق الإيثيلين عند 25°C وفق التفاعل الآتي:

أ. وازن معادلة التفاعل.

ب. استنتج $\Delta H_f^\circ (C_2H_{4(g)})$.ج. ارسم المخطط الذي يسمح لك بحساب طاقة تشكل الرابطة $(C=C)$.د. احسب طاقة تشكل الرابطة $(C=C)$.

تمرين رقم 13 بكالوريا 2015 الموضوع 01

(1) احسب أنطالي تشكل البروبين $(C_3H_{6(g)})$ عند 25°C .

يعطى:

$$E_{C-H} = -413 \text{ kJ/mol}, \quad E_{C=C} = -614 \text{ kJ/mol}, \quad E_{C-C} = -348 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_{dis}^\circ (H-H) = 436 \text{ kJ/mol}, \quad \Delta H_{sub}^\circ (C_{(s)}) = 717 \text{ kJ/mol}$$

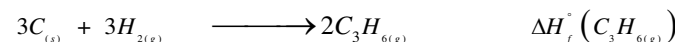
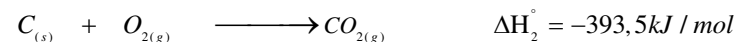
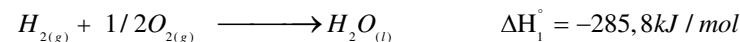
(2) أ. اكتب تفاعل هدرجة البروبين عند 25°C و 1 atm .ب. احسب الأنطالي ΔH_r° لتفاعل هدرجة البروبين.

$$\Delta H_f^\circ (C_3H_{8(g)}) = -103,6 \text{ kJ/mol} \quad \text{يعطى:}$$

ج. كم يصبح أنطالي هذا التفاعل عند 100°C .

يعطى:

المركب	$H_{2(g)}$	$C_3H_{6(g)}$	$C_3H_8O_{(g)}$
$C_p (J/mol.K)$	6,91	111,78	73.89

(3) أ. اكتب معادلة تفاعل الإحتراق التام لغاز البروبين عند 25°C .ب. استنتج أنطالي هذا التفاعل (ΔH_{comb}°) اعتمادا على المعطيات التالية:ج. احسب الطاقة الداخلية (ΔU) لإحتراق البروبين عند 25°C .

$$R = 8.31 \text{ J/mol} \cdot K \quad \text{يعطى:}$$

تمرين رقم 14 بكالوريا 2015 الموضوع 02

(1) لديك المخطط الآتي:

الرابطة	$H-H$	$O=O$	$C-H$	$C-C$	$C=O$
$\Delta H_{dis}^{\circ} (kJ/mol)$	436	498	414	348	711

3. إذا علمت أن أنطالي الإحتراق للأستون السائل عند $25^{\circ}C$:

$$\Delta H_{comb}^{\circ} = -1821,38 kJ/mol$$

أ. اكتب معادلة تفاعل الإحتراق .

ب. احسب أنطالي التشكل $\Delta H_f^{\circ}(CH_3COCH_{3(l)})$

ج. احسب أنطالي التبخر $\Delta H_{vap}^{\circ}(CH_3COCH_3)$

يعطى:

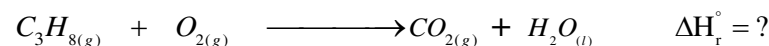
$$\Delta H_f^{\circ}(CO_{2(g)}) = -393 kJ/mol, \quad \Delta H_f^{\circ}(H_2O_{(l)}) = -286 kJ/mol$$

4. احسب التغير في الطاقة الداخلية ΔU لتفاعل الإحتراق عند الدرجة $25^{\circ}C$.

$$R = 8.31 J/mol/K \text{ يعطى:}$$

تمرين رقم 16 بكالوريا 2016 الموضوع 02

I. يحترق غاز البروبان عند الدرجة $25^{\circ}C$ وفق التفاعل التالي:



1. وازن معادلة التفاعل .

2. احسب $\Delta H_f^{\circ}(C_3H_{8(g)})$ باستعمال مخطط تشكّل غاز البروبان.

$$\Delta H_{sub}^{\circ}(C_{(s)}) = 717 kJ/mol \text{ يعطى:}$$

الرابطة	$H-H$	$C-C$	$C-H$
$\Delta H_{dis}^{\circ} (kJ/mol)$	436	348	413

3. احسب أنطالي احتراق البروبان ΔH_r° علما أن:

$$\Delta H_f^{\circ}(CO_{2(g)}) = -393 kJ/mol, \quad \Delta H_f^{\circ}(H_2O_{(l)}) = -286 kJ/mol$$

يعطى:

$$\Delta H_{sub}^{\circ}(C_{(s)}) = 717 kJ/mol, \quad E_{C-H} = -413 kJ/mol, \quad \Delta H_{dis(H-H)}^{\circ} = 436 kJ/mol$$

ه. ما قيمة ΔH_r° لإحتراق الإيثيلين C_2H_4 عند $90^{\circ}C$ ؟

علما أن:

المركب	$C_2H_{4(g)}$	$O_{2(g)}$	$CO_{2(g)}$	$H_2O_{(l)}$
$C_p (J/mol.K)$	43	29,50	37,20	75,24

تمرين رقم 15 بكالوريا 2016 الموضوع 01

I. يتم تبريد عينة من غاز النشادر NH_3 كتلتها $m = 8,5 g$ من الحالة الابتدائية

$(P_1 = 6 atm, V_1 = 6 L, T_1)$ إلى الحالة النهائية $(P_2, V_2 = 4 L, T_2)$ وذلك تحت ضغط ثابت .

نعتبر غاز النشادر NH_3 غازا مثاليا.

1. ما قيمة كل من T_2, P_2, T_1 ؟

2. أ. احسب العمل W .

ب. هل الغاز تلقى عملا أم أنجزه؟ علل .

ج. احسب كمية الحرارة Q_p المتبادلة خلال هذا التحول .

يعطى:

$$R = 8.31 J/mol/K, \quad C_p(NH_{3(g)}) = 33.6 J/mol/K$$

$$1 atm = 1,013 \times 10^5 Pa, \quad H = 1 g/mol, \quad N = 14 g/mol$$

II. يعتبر الأستون CH_3COCH_3 مذيبا جيدا للعديد من المركبات العضوية .

1. اكتب معادلة تفاعل تشكّل الأستون الغازي.

2. احسب أنطالي التشكّل $\Delta H_f^{\circ}(CH_3COCH_{3(g)})$

$$\Delta H_{sub}^{\circ}(C_{(s)}) = 717 kJ/mol \text{ يعطى:}$$

4) احسب كمية الحرارة (Q) اللازمة لإنصهار 24,4g من حمض البزويك.

يعطى: $H=1\text{g/mol}$, $C=12\text{g/mol}$, $O=16\text{g/mol}$

تمرين رقم 18 بكالوريا 2017 الموضوع 02

I. يحترق البوت-1-ن الغازي $C_4H_{8(g)}$ عند درجة حرارة 25°C وضغط 1atm إحترقا تاما.

1. اكتب معادلة تفاعل إحترق البوت-1-ن الغازي.

2. احسب أنطالي إحترق البوت -1- ن الغازي .

يعطى:

المركب	$C_4H_{8(g)}$	$H_2O_{(l)}$	$CO_{2(g)}$
$\Delta H_f (kJ/mol)$	-0.4	-286	-393

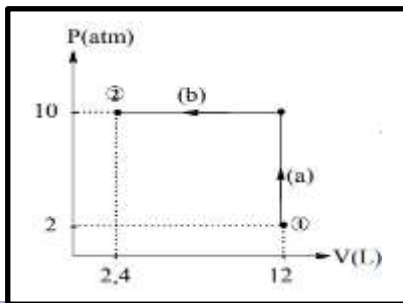
3. أ. مثل مخطط تشكل البوت-1-ن الغازي .

ب. احسب أنطالي التصعيد للكربون الصلب .

يعطى:

الرابط	$H-H$	$C=C$	$C-H$	$C-C$
$\Delta H_{dis}^\circ (kJ/mol)$	436	612	413	348

II. لديك البيان $P=f(V)$ الذي يمثل إنتقال غاز مثالي من الحالة الابتدائية (1) إلى الحالة النهائية (2) .



1. مانوع كل من التحويلين (a) و (b) ؟

2. احسب العمل W لكل تحول .

يعطى:

$$1\text{atm}=1,013 \times 10^5 \text{Pa}$$

استثنائي

تمرين رقم 19 بكالوريا 2017 الموضوع 01

4. احسب أنطالي إحترق البروبان عند 50°C . حيث:

المركب	$C_3H_{8(g)}$	$O_{2(g)}$	$CO_{2(g)}$	$H_2O_{(l)}$
$C_p (J/mol.K)$	73,51	29,36	37,45	75,24

5. احسب الفرق $(\Delta H - \Delta U)$ لتفاعل إحترق البروبان عند 25°C .

يعطى: $R = 8.31 \text{ J/mol} / K$

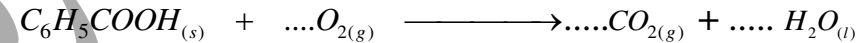
II. مسعر حراري سعته الحرارية $C_{cal} = 100 \text{ J/K}$ يحتوي على كتلة $m_1 = 100 \text{ g}$ من الماء عند درجة

حرارة $T_1 = 25^\circ\text{C}$ ، نضيف إليه كتلة $m_2 = 80 \text{ g}$ من الماء عند درجة حرارة $T_2 = 80^\circ\text{C}$.

- احسب درجة حرارة التوازن T_{eq} . علما أن الحرارة الكتلية للماء $c = 4.18 \text{ J/g.K}$.

تمرين رقم 17 بكالوريا 2017 الموضوع 01

1) إحترق حمض البزويك عند 25°C وفق التفاعل الآتي:



أ. وازن معادلة التفاعل.

ب. احسب الأنطالي المعياري (ΔH_r°) لتشكل حمض البزويك الصلب.

يعطى:

$$\Delta H_{comb}^\circ = -3227 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ (CO_{2(g)}) = -393 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta H_f^\circ (H_2O_{2(l)}) = -286 \text{ kJ/mol}$$

2) احسب أنطالي إحترق حمض البزويك بالصلب عند حيث:

المركب	$C_6H_5COOH_{(g)}$	$O_{2(g)}$	$CO_{2(g)}$	$H_2O_{(l)}$
$C_p (J/mol.K)$	146,7	29,36	37,58	75,29

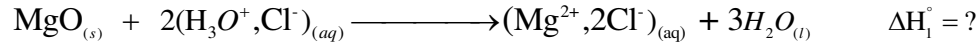
3) احسب أنطالي إنصهار حمض البزويك ΔH_{fus}° .

علما أن: $\Delta H_f^\circ (C_6H_5 - COOH_{(l)}) = -362.4 \text{ kJ/mol}$

استثنائي

تمرين رقم 20 بكالوريا 2017 الموضوع 02

I. من أجل تقدير أنطالي التفاعل التالي:



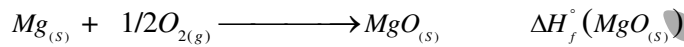
في مسعر حراري أدياباتيكي سعته الحرارية $C = 100 \text{ J/K}$ نضع $V_1 = 100 \text{ ml}$ من محلول HCl تركيزه $0,744 \text{ mol/L}$ درجة حرارة المسعر ومحتواه $T_1 = 25^\circ\text{C}$ ، نضيف له كتلة $m = 1.5 \text{ g}$ من أكسيد المغنيزيوم MgO وبعد التفاعل التام لهذا الأوكسيد ترتفع درجة الحرارة إلى $T_f = 35.5^\circ\text{C}$.

علما أن الحرارة الكتلية للمحلول $c_{\text{sol}} = 4,185 \text{ J/g.K}$ وكتلة المحلول $m_{\text{sol}} = m_{\text{H}_2\text{O}}$.

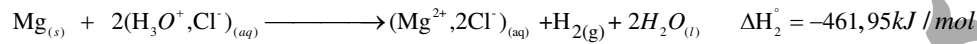
1) احسب كمية حرارة التفاعل Q_r .2) استنتج أنطالي التفاعل ΔH_1° .

يعطى: $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ g/ml}$ ، $M_{\text{O}} = 16 \text{ g/mol}$ ، $M_{\text{Mg}} = 24.3 \text{ g/mol}$

3) أوجد أنطالي التفاعل الآتي:



علما أن :

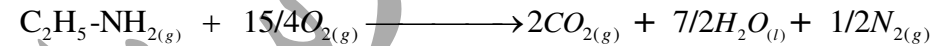
II. يتعرض $0,5 \text{ mol}$ من غاز النيون Ne (نعتبره غاز مثالي) لتحويلات عكوسة فينتقل من :

- الحالة (1) إلى الحالة (2) عند ضغط ثابت (التحول a).

- ثم من الحالة (2) إلى الحالة (3) عند حجم ثابت (التحول b).

مسعر حراري أدياباتيكي سعته الحرارية $(C_{\text{cal}} = 130,8 \text{ J/K})$ كتلة الماء بداخله $m_{\text{eau}} = 400 \text{ g}$ عند درجة الحرارة $T_i = 20^\circ\text{C}$.

يتم حرق كتلة $2,25 \text{ g}$ من إيثيل أمين غازي $\text{C}_2\text{H}_5\text{-NH}_2$ داخل هذا المسعر وعند التوازن تصبح درجة الحرارة النهائية $T_f = 68.2^\circ\text{C}$ فإذا علمت أن معادلة تفاعل الإحتراق هي :



المطلوب:

1) ماهي كمية الحرارة (Q_1) التي اكتسبتها الجملة (مسعر + ماء) ؟2) استنتج كمية الحرارة (Q_2) الناتجة عن الإحتراق .يعطى: السعة الحرارية الكتلية للماء: $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ J/g.K}$

$\text{H} = 1 \text{ g/mol}$ ، $\text{C} = 12 \text{ g/mol}$ ، $\text{N} = 14 \text{ g/mol}$

3) احسب أنطالي تفاعل الإحتراق $\Delta H_{\text{comb}}^\circ$.4) احسب أنطالي تشكيل إيثيل أمين الغازي $(\text{C}_2\text{H}_5\text{-NH}_{2(g)})$ ΔH_f° .

$$\Delta H_f^\circ(\text{CO}_{2(g)}) = -393 \text{ kJ/mol}$$

يعطى:

$$\Delta H_f^\circ(\text{H}_2\text{O}_{2(l)}) = -286 \text{ kJ/mol}$$

5) حدد قيمة طاقة تشكّل الرابطة (N-H) في جزيئ إيثيل أمين الغازي باستعمال مخطط التشكّل.

$$\Delta H_{\text{sub}}^\circ(\text{C}_{(s)}) = 717 \text{ kJ/mol}$$

يعطى:

الرابطة	$\text{H}-\text{H}$	$\text{N} \equiv \text{N}$	$\text{C}-\text{H}$	$\text{C}-\text{C}$	$\text{C}-\text{N}$
$\Delta H_{\text{dis}}^\circ (\text{kJ/mol})$	436	945	414	348	292

6) إذا كان المسعر مصنوع من الألمنيوم .

- ماهي كتلة هذا المسعر إذا علمت أن السعة الحرارية المولية للألمنيوم هي :

$\text{C}_{\text{Al}} = 24.35 \text{ J/mol.K}$ وأن $\text{Al} = 27 \text{ g/mol}$ ؟

II. مسعر حراري سعته الحرارية C_{cal} يحتوي على كتلة $m_1 = 50g$ من الماء عند درجة حرارة

$T_1 = 20^\circ C$ نضيف إليه كتلة $m_2 = 100g$ من الماء درجة حرارته $T_2 = 30^\circ C$ ، عند التوازن

تكون درجة الحرارة $T_{eq} = 25,7^\circ C$.

احسب السعة الحرارية C_{cal} للمسعر. $c_{eau} = 4,18J/g.K$

تمرين رقم 22 بكالوريا 2017 الموضوع 02 احتياطي

(1) تحترق كتلة قدرها ($m = 3g$) من كحول الإيثانول الساخن داخل مسعر حراري سعته الحرارية

$C_{cal} = 155J/K$ يحتوي على $V=1L$ من الماء المقطر عند $25^\circ C$ ، ترتفع درجة الحرارة بمقدار $20,56^\circ C$.

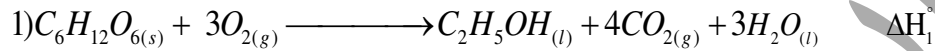
أ. أوجد كمية الحرارة Q_{comb} الناتجة عن إحترق الإيثانول السائل.

ب. احسب أنطالي إحترق الإيثانول السائل ΔH_{comb} .

$c_{H_2O} = 4,18J/g.K$ ، $\rho_{H_2O} = 1g/ml$

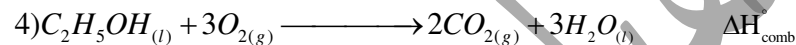
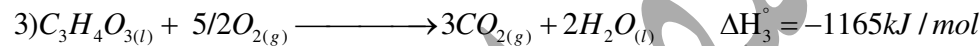
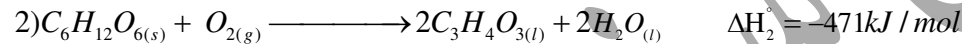
يعطى: $H=1g/mol$ ، $C=12g/mol$ ، $O=16g/mol$

(2) يتأكسد الغلوكوز إلى الإيثانول وفق التفاعل الآتي:



أ) احسب أنطالي التفاعل (1) عند $25^\circ C$.

علما أن :



ب) حدد أنطالي التفاعل (1) عند $55^\circ C$.

المركب	$C_6H_{12}O_{6(s)}$	$O_{2(g)}$	$C_2H_5OH_{(l)}$	$CO_{2(g)}$	$H_2O_{(l)}$
$C_p (J/K.mol)$	14,185+0,693T	29.36	111.46	37.45	75.29

	(1) $\xrightarrow{a}$ (2) $\xrightarrow{b}$ (3)		
الحالة (1)	الحالة (2)	الحالة (3)	
الضغط (Pa)	$P_1 = 10^5$	$P_2 = ?$	$P_3 = 2 \times 10^5$
الحجم (L)	$V_1 = 12$	$V_2 = 18$	$V_3 = ?$
درجة الحرارة (K)	$T_1 = ?$	$T_2 = 433$	$T_3 = 866$

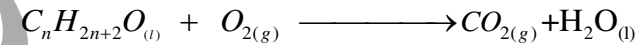
(1) أكمل الجدول أعلاه .

(2) احسب العمل W وكمية الحرارة Q : - للتحويل a - للتحويل b.

علما أن: $C_p - C_v = R$ ، $C_p = 20,78J/mol.K$ ، $R = 8,31J/mol.K$

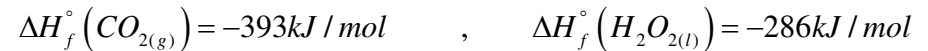
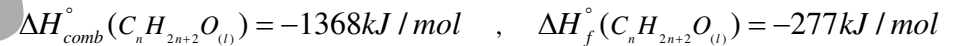
تمرين رقم 21 بكالوريا 2017 الموضوع 01 احتياطي

I. يحترق كحول مشبع سائل (A) عند $25^\circ C$ وفق التفاعل الآتي:

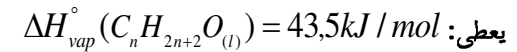


(1) وازن معادلة التفاعل .

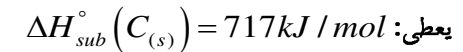
(2) اوجد الصيغة الجزيئية للكحول (A).



(3) احسب أنطالي التشكل المعياري للكحول (A) في الحالة الغازية .



(4) احسب طاقة الرابطة (O-H) في الكحول (A) .



الرابطة	H-H	C-O	C-H	C-C	O=O
$E(kJ/mol)$	436	351	413	348	498

ب. احسب أنطالي تفاعل الاحتراق للبروبانال السائل $(C_3H_6O_{(l)})$. ΔH_{comb}°

يعطى: $\Delta H_f^\circ(H_2O_{2(l)}) = -286 kJ/mol$, $\Delta H_f^\circ(CO_{2(g)}) = -393,5 kJ/mol$

ج. احسب التغير في الطاقة الداخلية ΔU لتفاعل الاحتراق عند $25^\circ C$.

يعطى: $R = 8,314 J/mol.K$

3) من أجل التأكد من قيمة $C_3H_6O_{(l)}$ نقوم بحرق كتلة 1,45g من البروبانال السائل $C_3H_6O_{(l)}$ في مسعر

حراري يحتوي على $m_{eau} = 600 g$ من الماء. فنجد مقدار التغير في درجة الحرارة $\Delta T = 18,1 K$.

علما أن السعة الحرارية الكتلية للماء : $c_{eau} = 4,18 J/g.K$

أ. احسب كمية الحرارة Q الناتجة عن الاحتراق (غمل السعة الحرارية للمسعر).

ب. استنتج أنطالي الاحتراق $(C_3H_6O_{(l)})$. ΔH_{comb}°

يعطى: $H = 1 g/mol$, $C = 12 g/mol$, $O = 16 g/mol$

تمرين رقم 24 بكالوريا 2018 الموضوع 02

I. نخرج في مسعر حراري 200ml من الماء درجة حرارته $T_1 = 20^\circ C$ مع 300ml من الماء درجة

حرارته $T_2 = 75^\circ C$ ، نجد عند الإتزان أن درجة الحرارة النهائية $T_f = 50^\circ C$.

1) احسب السعة الحرارية للمسعر .

يعطى: $\rho_{H_2O} = 1 g.ml^{-1}$, $c_{eau} = 4,18 J/g.K$

2) للحصول على 500ml من الماء الفاتر درجة حرارته $T_{eq} = 37^\circ C$ نخرج في المسعر السابق حجم

V_1 من الماء درجة حرارته $T_1 = 20^\circ C$ مع حجم V_2 من الماء درجة حرارته $T_2 = 75^\circ C$.

- احسب الحجم V_1 والحجم V_2 .

II. 1) جد $\Delta H_f^\circ(NO_{(g)})$ أنطالي تشكل أكسيد الأوزون (N=O) من خلال طاقات الروابط .

الرابطة	$N \equiv N$	$O = O$	$N = O$
$\Delta H_d^\circ(kJ/mol)$	945	498	631

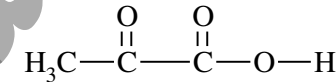
3) أوجد أنطالي تشكل حمض البيروفيك السائل $(C_3H_4O_{3(l)})$. ΔH_f°

$\Delta H_f^\circ(H_2O_{2(l)}) = -286 kJ/mol$, $\Delta H_f^\circ(C_6H_{12}O_{6(s)}) = -1273 kJ/mol$

4) احسب أنطالي تفكك الرابطة $(C=O)$ في حمض البيروفيك $(C=O)$. ΔH_d°

يعطى: $\Delta H_{vap}(C_3H_4O_3) = 52,4 kJ/mol$, $\Delta H_{sub}^\circ(C_{(s)}) = 717 kJ/mol$

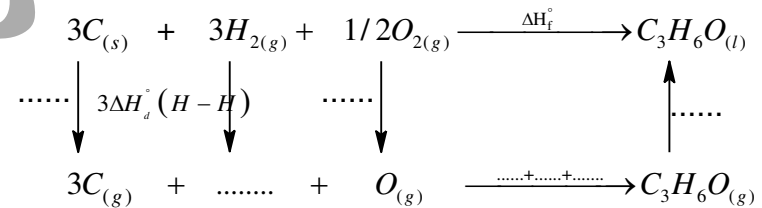
الصيغة نصف المفصلة لحمض البيروفيك :



الرابطة	$H-H$	$O=O$	$C-H$	$C-C$	$C-O$	$O-H$
$\Delta H_d^\circ(kJ/mol)$	436	498	413	348	351	463

تمرين رقم 23 بكالوريا 2018 الموضوع 01

1) لديك مخطط تشكل البروبانال السائل $C_3H_6O_{(l)}$ التالي:



أ. أكمل المخطط السابق .

ب. احسب قيمة أنطالي تشكل البروبانال السائل $(C_3H_6O_{(l)})$. ΔH_f°

يعطى: $\Delta H_{vap}(C_3H_6O) = 29,7 kJ/mol$, $\Delta H_{sub}^\circ(C_{(s)}) = 717 kJ/mol$

الرابطة	$H-H$	$O=O$	$C-H$	$C-C$	$C=O$
$\Delta H_d^\circ(kJ/mol)$	437	498	410	347	749

2) يحترق البروبانال السائل $C_3H_6O_{(l)}$ إحترقا تاما عند $25^\circ C$.

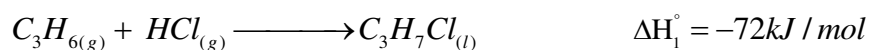
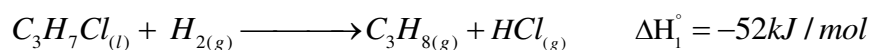
أ. اكتب معادلة تفاعل الاحتراق .

2) احسب أنطالي تشكل البروبان الغازي $\Delta H_f^\circ(C_3H_{8(g)})$ من خلال طاقات الروابط ثم قارن بين النتيجة.

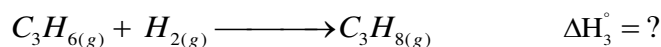
يعطى: أنطالي تصعيد الكربون عند $25^\circ C$: $\Delta H_{sub}^\circ(C_{(s)}) = 717 kJ/mol$.

الرابطة	$H-H$	$C-H$	$C-C$
$\Delta H_d^\circ(kJ/mol)$	436	413	347

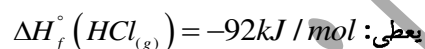
3) لديك التفاعلين التاليين :



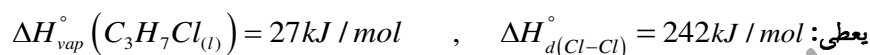
أ. استنتج أنطالي هدرجة البروبان الغازي ΔH_3° .



ب. احسب أنطالي تشكل كلور البروبان السائل $\Delta H_f^\circ(C_3H_7Cl_{(l)})$.



ج. جد أنطالي تفكك الرابطة $C-Cl$ $(\Delta H_{d(C-Cl)}^\circ)$.



تمرين رقم 26 بكالوريا 2019 الموضوع 02

1) يحترق الحمض الأميني الغليسين الصلب $Gly_{(s)}$ عند $25^\circ C$ وضغط $1 atm$ وفق التفاعل التالي:

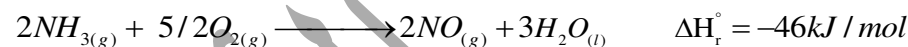


أ. وازن معادلة تفاعل إحترق الغليسين $Gly_{(s)}$.

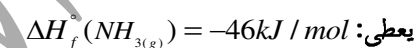
ب. احسب أنطالي الإحترق ΔH_{comb}° للتفاعل السابق عند $25^\circ C$.

المركب	$Gly_{(s)}$	$H_2O_{(l)}$	$CO_{2(g)}$
$\Delta H_f^\circ(kJ/mol)$	-527.5	-286	-393

2) يتفاعل غاز النشادر مع الأوكسجين عند $25^\circ C$ وفق التفاعل الآتي:



- استنتج أنطالي تشكل الماء السائل $\Delta H_f^\circ(H_2O_{(l)})$.



3) احسب أنطالي التفاعل ΔH_r° السابق عند $90^\circ C$.

يعطى:

المركب	$NH_{3(g)}$	$O_{2(g)}$	$NO_{(g)}$	$H_2O_{(l)}$
$C_p(J/K.mol)$	35.06	29.37	29.84	75.24

4) إذا كانت سرعة إحتفاء غاز النشادر في التفاعل السابق هي: $V_{NH_3} = 0.1 mol.L^{-1}.s^{-1}$.

- استنتج سرعة إحتفاء الأوكسجين V_{O_2} وسرعة ظهور الماء V_{H_2O} .

تمرين رقم 25 بكالوريا 2019 الموضوع 01

1) يحترق 1,32g من البروبان $C_3H_{8(g)}$ في مسعر حراري (تعمل السعة الحرارية للمسعر) يحتوي على 723g

من الماء، فترتفع درجة حرارة الماء بمقدار $\Delta T = 22 K$.

علما أن السعة الحرارية الكتلية للماء $c_{eau} = 4,18 J/g.K$.

أ. احسب كمية الحرارة Q الناتجة عن إحترق كتلة البروبان.

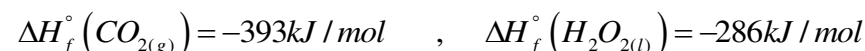
ب. ماهي قيمة أنطالي إحترق البروبان الغازي $\Delta H_{comb}^\circ(C_3H_{8(g)})$ ؟

يعطى: $H=1g/mol$, $C=12g/mol$

ج. اكتب معادلة الإحترق التام للبروبان الغازي $C_3H_{8(g)}$.

د. جد أنطالي تشكل البروبان الغازي $\Delta H_f^\circ(C_3H_{8(g)})$.

يعطى:



= جد السعة الحرارية C_{cal} لهذا المسعر .

يعطى: $c_{eau} = 4,18 \text{ J/g.K}$

(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 حرارته بمقدار $\Delta T = 34 \text{ K}$.

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

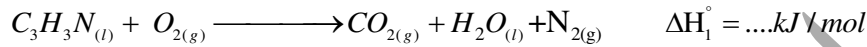
ب. احسب كمية الحرارة Q الناتجة عن احتراق غاز الميثان.

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

يعطى: $H=1 \text{ g/mol}$, $C=12 \text{ g/mol}$, $\Delta H_{\text{comb}}(CH_{4(g)}) = -890,7 \text{ kJ/mol}$

II. (1) يحترق 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° .

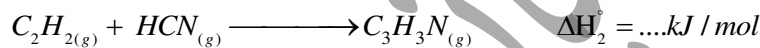
ج. احسب انطالي التشكل للأكريلونتريل السائل علما أن :

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

د. جد التغير في الطاقة الداخلية لتفاعل الاحتراق .

يعطى: $R = 8,31 \text{ J/mol.K}$

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



= احسب الأنطالي ΔH_2° عند 298° K علما أن :

ج. أوجد كمية الحرارة الناتجة عن الاحتراق التام ل $7,5 \text{ g}$ من الغليسرين الصلب عند 25° C .

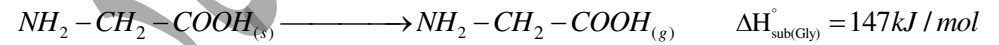
علما أن:

$H=1 \text{ g/mol}$, $C=12 \text{ g/mol}$, $O=16 \text{ g/mol}$, $N=14 \text{ g/mol}$

(2) جد أنطالي الاحتراق $(\Delta H_{\text{comb}}^\circ)$ للتفاعل السابق عند 60° C .

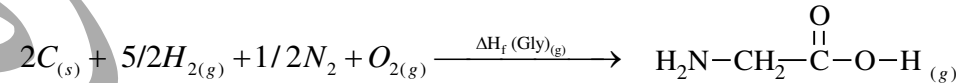
المركب	$Gly_{(s)}$	$O_{2(g)}$	$N_{2(g)}$	$CO_{2(g)}$	$H_2O_{(l)}$
$C_p \text{ (J/K.mol)}$	99.20	29.37	29.12	37.45	75.29

(3) ليكن تحول الغليسرين من الحالة الصلبة إلى الحالة الغازية وفق مايلي:



= ماهي قيمة أنطالي تشكل الغليسرين الغازي $(Gly_{(g)})$. ΔH_f°

(4) ليكن تفاعل تشكل الغليسرين الغازي:



= احسب أنطالي تفكك الرابطة $(C-N)$ في الغليسرين الغازي $(C-N)$. ΔH_d°

يعطى: $\Delta H_{\text{sub}}^\circ(C_{(s)}) = 717 \text{ kJ/mol}$

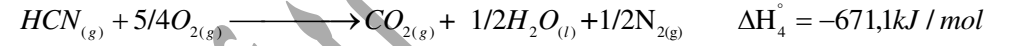
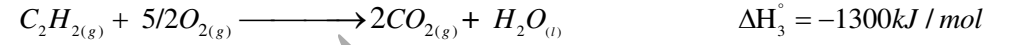
الرابطة	$H-H$	$O=O$	$C-H$	$C-C$	$C=O$
$\Delta H_d^\circ \text{ (kJ/mol)}$	436	498	413	348	810
الرابطة	$O-H$	$C-O$	$N \equiv N$	$N-H$	
$\Delta H_d^\circ \text{ (kJ/mol)}$	463	351	940	391	

تمرين رقم 27 بكالوريا 2021 الموضوع 10

I. (1) لتحديد السعة الحرارية لمسعر ، 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 الإتران نجد درجة الحرارة

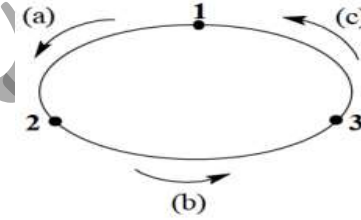
$T_f = 35,5^\circ \text{ C}$



$$\Delta H_{vap}^\circ (C_3H_3N_{(l)}) = 32,64kJ / mol$$

تمرين رقم 28 بكالوريا 2021 الموضوع 02

يخضع 1mol من غاز مثالي يتميز بـ $(P_1 = 1,97 atm, V_1 = 14L)$ للتحويلات العكسية وفق الدورة الآتية:



-التحول (a): تمدد عند ضغط ثابت $P=Cste$ من الحالة 1 إلى الحالة 2 التي يضاعف فيها حجمه .

- التحول (b): إنضغاط عند درجة حرارة ثابتة $T=Cste$ من الحالة 2 إلى الحالة 3 يعيده إلى حجمه الأول V_1

-التحول (c): تبريد عند حجم ثابت $V=Cste$ من الحالة 3 يرجعه إلى الحالة 1 .

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

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

(3) أ. أعط العلاقة الحرفية للعمل $W_{1 \rightarrow 2}, W_{2 \rightarrow 3}$ 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: $\frac{C_p}{C_v} = 1,4$, $R = 0,082 L \cdot atm \cdot K^{-1}$, $1 L \cdot atm = 101,3 J$, $\ln 2 = 0,69$

رهواني سفيان