التمرين الثاني:

خليط غازي معرف بكسوره المولية بحيث:

$X_{CO2} = 0,1$; $X_{O2} = 0,1$; $X_{N2} = 0,8$

الضغط الجزئي للأكسجين هو **38 mmHg**

1- أحسب الضغط الكلي للمزيج
2- أحسب الضغوط الجزئية لكل من: N_2 و CO_2

الحل النموذجي للتمرين الثاني:

$P_{O2} = X_{O2} \times P_T \Rightarrow P_T = (P_{O2}/X_{O2}) = (38/0,1) = 380$ mmHg
$P_{N2} = X_{N2} \times P_T \Rightarrow P_{N2} = (0,8 \times 380) = 304$ mmHg
$P_{CO2} = XC_{O2} \times P_T \Rightarrow P_{CO2} = (0,1 \times 380) = 38$ mmHg

التمرين الثالث:

لدينا كتلة مساوية ل: **80g** من خليط غازي متكون من النتروجين **(N_2)** والميثان **(CH_4)**، تحتوي بالوزن على **31,4%** من النتروجين وتشغل حجما قدره **0,995 l** عند **150°C**.

- ✓ أحسب الضغط الكلي للمزيج الغازي.
- ✓ الضغط الجزئي لكل غاز.
- ✓ **C =**
- ✓ **12g, N = 14g, H = 1g**

الحل النموذجي للتمرين الثالث:

في كتلة من **80g** من الخليط عندنا **31,14%** كتلة من النتروجين، يعني:

$$m\,(N2) = (80x31,14)/100 = 24,91g$$

و منه كتلة الميثان: $m\,(CH4) = 80 – 24,91 = 55,09g$

$n\,(N_2) = (24,91)/28 = 0,89$ mol و $n\,(CH_4) = (55,09)/16 = 3,44$ mol

$$P_T = (n_T RT)/V = ((0,89 + 3,44) \times 0.082 \times (150 + 273)) / 0,995 = 150,19 \text{ atm}$$

$$P(N_2) = (n(N_2)/n_T) \times P_T = (0,89 / (0,89 + 3,44)) \times 150,19 = 30,87 \text{ atm}$$

$$P(CH_4) = P_T – P(N_2) = 150,19 – 30,87 = 119,32 \text{ atm}$$

التمرين الرابع :

تصف كمية من غاز مثالي وبصفة عكوسه حلقة إحداثيات نقاطها مبينة في الجدول المرفق:

1- اعطي التسمية الكاملة لكل تحول
2- مثل هذه التحولات على مخطط كلابيرون.

	1	2	3	4
n (mol)	0,2	0,2	0,2	0,2
V(l)	1	5,08	5,08	1,24
P (atm)	10	1,97	0,95	10
T(K)	600	600	295	756

1- ....تمدد بثبوت درجة الحرارة
2- ....تبريد بثبوت الحجم
3- ....تقلص كظوم
4- ....تبريد بثبوت الضغط

التمرين الخامس:

في محرك حراري يشتغل بالهواء، يصف 1مول من الهواء (نعتبره غاز مثالي) بصفة عكوسة حلقة التحولات التالية:

- تقلص متساوي درجة الحرارة من الحالة **A_1 (P_1=1atm, T_1=350K)** إلى الحالة **A_2 (P_2=8atm,T_1)**
- تسخين متساوي الضغط من الحالة **A_2** إلى الحالة **A_3 (T_3=1400K)**
- تمدد كظوم من **A_3** إلى الحالة **A_4**
- تبريد متساوي الضغط من الحالة **A_4** إلى الحالة الابتدائية **A_1**

1- أحسب إحداثيات كل النقاط.
2- مثل هذه الحلقة على مخطط **P,V**
3- احسب لكل تحول وللحلقة **Q , W, ΔU, ΔH** بالجول **(J)**
4- هل الحلقة محركة أو مقاومة (مع التبرير)
5- أحسب مردود الحلقة وقارنه بمردود حلقة كارنو الموافقة

γ = (7/5) R = 8,31 J.mol^{-1}.K^{-1} R = 2 cal.mol^{-1}.K^{-1} R = 0,082 l.atm.mol^{-1}.K^{-1}

الحل النموذجي للتمرين الخامس:

يقرأ التمرين بتمعن ومسؤولية، يسطر تحت كل ما هو مهم إن كان ولابد. بعدها تجمع المعطيات (إحداثيات النقاط) في جدول.

	A1	A2	A3	A4
n (mole)	**1**	**1**	**1**	**1**
V(l)				
P (atm)	**1**	**8**		
T(K)	**350**		**1400**	

نمر بعد ذلك إلى استخراج بعض القيم من تعبير التمرين

1- تقلص متساوي درجة الحرارة بين A1 و A2 ($T_{A1} = T_{A2}$)
2- تسخين متساوي الضغط من الحالة A_2 إلى الحالة A_3 ($P_{A2} = P_{A3}$)
3- تبريد متساوي الضغط من الحالة A_4 إلى الحالة الابتدائية A_1 ($P_{A4} = P_{A1}$)
مع كون درجة حرارة A4 أكبر من درجة حرارة A1

	A1	A2	A3	A4
n (mole)	**1**	**1**	**1**	**1**
V(l)				
P (atm)	**1**	**8**	**8**	**1**
T(K)	**350**	**350**	**1400**	

لم يتبقى إلا حساب أحجام النقاط الأربعة مع درجة حرارة النقطة A4
في البداية نستعمل قانون الغازات المثلية لحساب الحجم:

1. **A₁**(P_1=1atm; T_1=350K; $V_1 = \frac{nRT_1}{P_1} = \frac{1.0,082.350}{1} = 28,70l$),
2. **A₂**(P_2=8atm; T_2=350K; $V_2 = \frac{nRT_1}{P_2} = \frac{1.0,082.350}{8} = 3,58l$),
3. **A₃**(P_3=8atm; T_3=1400K; $V_3 = \frac{nRT_3}{P_2} = \frac{1.0,082.1400}{8} = 14,35l$),

بالنسبة للنقطة الرابعة، لا نملك من الإحداثيات إلا عدد المولات والضغط، لكننا نعلم أن التحول كظوم، لذلك نستعمل واحدة من المعادلات الشائعة للتحول الكظوم بل نختار أسهلهن.

$$P.V^{\gamma} = Cte$$

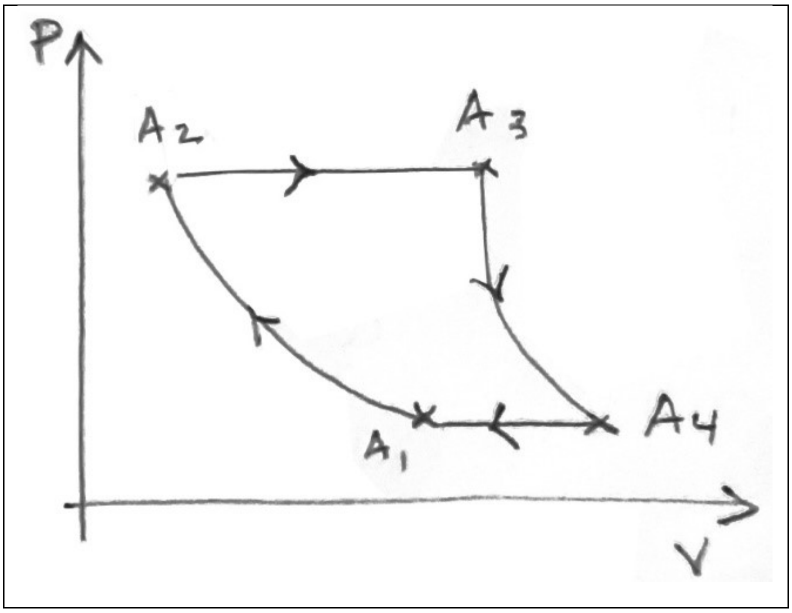
4. **A₄**(P_4=1atm; $P_1.V_1^{\gamma} = P_4.V_4^{\gamma} \quad \Rightarrow \quad V_4 = V_3\left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{\frac{1}{\gamma}} = 14,35\left(\frac{8}{1}\right)^{\frac{5}{7}} = 63,34l$

ومنه تحسب درجة الحرارة باستعمال قانون الغازات المثلية

$$T_4 = \frac{P_4.V_4}{n.R} = \frac{1.63,34}{1.0,082} = 772,44K$$

	A1	A2	A3	A4
n (mole)	**1**	**1**	**1**	**1**
V(l)	**28,70**	**3,58**	**14,35**	**63,34**
P (atm)	**1**	**8**	**8**	**1**
T(K)	**350**	**350**	**1400**	**772,44**

من جدول الإحداثيات يرسم المنحنى P بدلالة V (مخطط كلابيرون)



بعدها يحسب كل من: **Q , W, ΔH , ΔU** لكل تحول وللحلقة

1- يحسب كل من Cp و Cv من علاقة ماير

$$\begin{cases} Cp - Cv = R \\ \dfrac{Cp}{Cv} = \gamma \end{cases}$$

مع العلم أن R بالجول تساوي: $R = 8,31 \dfrac{J}{K.mol}$

$$\begin{cases} Cv = 20,77 \dfrac{J}{K.mol} \\ Cp = 29,08 \dfrac{J}{K.mol} \end{cases} \Leftarrow \begin{cases} Cp - Cv = 8,31 \\ \dfrac{Cp}{Cv} = \dfrac{7}{5} \end{cases}$$

2- يرسم الجدول و توضع كل العلاقات المعروفة لكل من **Q , W, ΔH, ΔU**

3- بعدها تحسب القيم و تجدول.

	A1→A2 T=Cte	A2→A3 P=Cte	A3→A4 Q=0	A4→A1 P=Cte	الحلقة
ΔU(J)	0	n.Cv(T3-T2)	n.Cv(T4-T3)	n.Cv(T1-T4)	$\sum \Delta U$
		21808,5	**-13034,42**	**-8774,08**	0
ΔH(J)	0	n.Cp(T3-T2)	n.Cp(T4-T3)	n.Cp(T1-T4)	$\sum \Delta H$
		30534	**-18249,44**	**-12284,55**	0
W(J)	$-n.R.T.\ln\frac{V_2}{V_1}$	-n.R(T3-T2)	ΔU	-n.R(T1-T4)	$\sum W$
	6054,14	-8725,5	**-13034,42**	3510,47	**-12195,31**
Q(J)	-W	ΔH	0	ΔH	$-\sum W$
	(سالبة) <	**30534**		**(سالبة) <**	**12195,31**

لمعرفة إن كانت الحلقة محركة او مقاومة، ينظر إلى المنحنى او إلى إشارة العمل، إن كانت الحلقة تدور في اتجاه دوران عقارب الساعة ومجموع أعمالها (من الجدول) سالب، فالحلقة محركة، وإن كان العكس، فالحلقة مقاومة.

بالنسبة لنا **فالحلقة محركة** (تدور في اتجاه دوران عقارب الساعة ومجموع أعمالها سالب.

بالنسبة للمردود، أسهل شيء، هو حساب مردود حلقة كارنو الموافقة، من جدول الإحداثيات، نعرف قيمة درجة الحرارة القصوى (**1400K**) ودرجة الحرارة الدنيا (**350K**).

$$\eta_{Carnot} = \left(1-\frac{T_f}{T_c}\right)x100 = \left(1-\frac{350}{1400}\right)x100 = 75\%$$

أما بالنسبة لمردود الحلقة، فيستعمل مجموع الأعمال مع كل ما هو موجب من الحرارة.

$$\eta_{Cycle} = \left(\frac{\left|\sum W\right|}{\sum Q\rangle 0}\right)x100 = \left(\frac{\left|-12195{,}31\right|}{(30534)}\right)x100 \quad = 40\%$$

حلقة كارنو حلقة مثالية ليس فيها فقدان للطاقة وبالتالي مردودها دائما أكبر من مردود الحلقة الفعلية.

$$\eta_{Carnot} > \eta_{Cycle} \qquad (75\% > 40\%)$$

التمرين السادس:

نخضع 1 مول من غاز مثالي لسلسلة من التحولات العكوسة التالية :

- تقلص متساوي درجة الحرارة AB، متبوع بتمدد كظوم BC، ثم تسخين متساوي الضغط CA

1. احسب إحداثيات النقاط A, B, C
2. مثل الحلقة ABCA على **مخطط** P,V
3. احسب لكل تحول وللحلقة $W, Q, \Delta U, \Delta H$ ب Cal .
4. ناقش إشارة العمل بالنسبة للحلقة **Wcycle**
5. أحسب مردود الحلقة و قارنه بمردود حلقة كارنو الموافقة.
6. **$C_V=(5/2)R$; $C_P=(7/2)R$; $T_A = 300$ K ; $P_B=10$atm ; $P_A=P_C=2$atm ;**

الحل النموذجي للتمرين السادس:

	A	B	C
n(mol)	1	1	1
P(atm)	2	10	2
V(l)	**12,3**	**2,46**	**7.7**
T(K)	300	300	**188**

	AB	BC	CA	الحلقة
ΔU(Cal)	$nCv(T_B-T_A)$	$nCv(T_C-T_B)$	$nCv(T_A-T_C)$	$\sum \Delta U$
	0	-560	560	0
ΔH(Cal)	$nCp(T_B-T_A)$	$nCp(T_C-T_B)$	$nCp(T_A-T_C)$	$\sum \Delta H$
	0	-784	784	0
W(Cal)	$-nRTLn(V_B/V_A)$	ΔU_{BC}	$-P_A(V_A-V_C)x24,4$	$\sum W$
	960	-560	-225	175
Q(Cal)	$nRTLn(V_B/V_A)$	0	ΔH_{CA}	$\sum Q = -\sum W$
	-960	0	784	-175

4- الحلقة تدور عكس دوران عقارب الساعة (مجموع الأعمال موجب) الحلقة مقاومة

5- $\eta_{cyc} = (|\sum W|/Q+) \times 100 = (175/784) \times 100 = 22.3$ %

$\eta_{carnot} = (1 - (188/300)) \times 100 = 38$ %

$\eta_{carnot} > \eta_{cyc}$

التمرين السابع:

يشغل غاز مثالي ابتداء حجما قدره **1ℓ** تحت **10atm** وعند **600K** ، يخضع إلى تحول عكوس يتركب من تمدد متساوي درجة الحرارة متبوع بتبريد متساوي الحجم . مثل هذا التحول على **مخطط (P,V)**. إذا علمت أن الغاز استقبل كمية من الحرارة (Q_{ABC}) تساوي **207cal** وانتج عملا (W_{ABC}) يعادل **390cal**.

1- احسب إحداثيات الحالة النهائية التي بلغها الغاز.

تخضع الغاز بعد ذلك إلى انضغاط كظوم وعكوس **CD** يرجعه إلى ضغطه الابتدائي.

2- مثل هذا التحول على المخطط واحسب حجم ودرجة حرارة الغاز.

3- ما نوع التحول **DA** المتبقي الذي يخضع إليه الغاز حتى نرجعه إلى حالته الابتدائية.

4- اكمل المخطط.

$C_p = 5\ cal.K^{-1}.mol^{-1}$

الحل النموذجي للتمرين السابع:

يقرأ التمرين بتمعن ومسؤولية، يسطر تحت كل ما هو مهم إن كان ولابد.

	A	B	C	D
n(mol)				
P(atm)	10			
V(l)	1			
T(K)	600	600		

يشغل غاز مثالي ابتداء حجما قدره **1ℓ** تحت **10atm** وعند **600K** ، من معادلة الغازات المثالية، $PV = nRT$

يحسب عدد المولات: $n = \frac{PV}{RT} = \frac{10x1}{0,082x600} = 0,2\ mol$

الغاز استقبل كمية من الحرارة (تحسب بالموجب) $\Leftarrow$ $Q_{ABC} = +207\ cal$

الغاز أنتج عملا (منحه للوسط الخارجي، يحسب سالبا) $\Leftarrow$ $W_{ABC} = -390\ cal$

من معطيات التمرين

$$Q_{ABC} = Q_{AB} + Q_{BC} = +207\ cal$$

$$W_{ABC} = W_{AB} + W_{BC} = -390\ cal$$

التحول BC تحول بثبوت الحجم، من الدرس، (عمل تحول بثبوت الحجم يكون منعدم $\Leftarrow$ $W_{BC} = 0\ cal$)

$$W_{ABC} = W_{AB} + W_{BC} = W_{AB} + 0 = -390\ cal \ \Rightarrow\ W_{ABC} = W_{AB} = -390\ cal$$

من معطيات التمرين، التحول AB تحول بثبوت درجة الحرارة، من الدرس، العمل يعطى بالعلاقة:

$$W_{AB} = -nRT \ln \frac{V_B}{V_A} = -390\ cal$$

T=600K	n=0,2 mol	R=2cal.K⁻¹.mol⁻¹	VA=1ℓ

ملاحظة جد مهمة: لما أعطي العمل بـ الكالوري (**cal**) لابد أن تأخذ **R** مساوية لـ : **2cal.K⁻¹.mol⁻¹**

نصل إلى: $$V_B = V_A.e^{-\frac{W_{AB}}{n.R.T}} = 1.e^{-\frac{(-390)}{(0,2.2.600)}} = 4,4l$$

من معادلة الغازات المثالية:

$$P_B.V_B = n.R.T_B \quad \Rightarrow \quad P_B = \frac{n.R.T_B}{V_B} = \frac{0,2x0,082.600}{4,4} = 2,2\ atm$$

	A	B	C	D
n(mol)	0,2	0,2		
P(atm)	10	2,2		
V(l)	1	4,4	4,4	
T(K)	600	600		

من معطيات التمرين: $$Q_{ABC} = Q_{AB} + Q_{BC} = +207\ cal$$

من الدرس: $\Delta U = W + Q$ عند ثبوت درجة الحرارة $\Delta U = 0$ و بالتالي : $W = -Q$

AB تحول بثبوت درجة الحرارة $\Leftarrow$ $Q_{AB} = -W_{AB}$ ومن السؤال السبق: $W_{ABC} = W_{AB} = -390\ cal$

$\Leftarrow$ $Q_{AB} = -W_{AB} = -W_{ABC} = 390\ cal$ ومنه

$$Q_{ABC} = Q_{AB} + Q_{BC} = -W_{ABC} + Q_{BC} = +207\ cal$$

نصل إلى : $$Q_{BC} = Q_{ABC} + W_{ABC} = 270 - 390 = -120\ cal$$

من التمرين، التحول BC ، تحول بثبوت الحجم، من الدرس يتبين أن W_{BC} منعدم، ومنه:

$$\Delta U_{BC} = Q_{BC} + W_{BC} = Q_{BC} + 0 = n.C_v.(T_C - T_B)$$

$$T_C = \frac{Q_{BC}}{n.C_v} + T_B = \frac{-120}{0,2x3} + 600 = 400K$$

من معادلة الغازات المثالية: $$P_C.V_C = n.R.T_C \quad \Rightarrow \quad P_C = \frac{n.R.T_C}{V_C} = \frac{0,2x0,082.400}{4,4} = 1,5\ atm$$

من التمرين، التحول CD ، تحول كظوم، يرجعه إلى ضغطه الابتدائي، يعني ضغط النقطة A

	A	B	C	D
n(mol)	0,2	0,2	0,2	0,2
P(atm)	10	2,2	1,5	10
V(l)	1	4,4	4,4	
T(K)	600	600	400	

من الدرس: يعرف التحول الكظوم بمعادلاته الثلاثة

$$\begin{cases} P.V^{\gamma} = Cte................(1) \\ T.V^{\gamma-1} = Cte..............(2) \\ T.P^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} = Cte.............(3) \end{cases}$$

من المعادلات الثلاث، نختار تلك التي تحتوي على الضغط: (1) و (3) ثم من بينها نختار الأسهل إستعمالا (1)

$$V_D = V_C \text{x} \left(\frac{P_C}{P_D}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad \Leftarrow \quad P_C.V_C^{\gamma} = Ct = P_D.V_D^{\gamma}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_V} = \frac{C_p}{(C_p - R)} = \frac{5}{(5-2)} = \frac{5}{3}$$

$$V_D = V_C x \left(\frac{P_C}{P_D}\right)^{\frac{1}{\gamma}} = 4,4\text{x}\left(\frac{1,5}{10}\right)^{\frac{3}{5}} = 1,4l$$

و من معادلة الغازات المثالية:

$$T_D = \frac{P_D V_D}{n.R} = \frac{10\text{x}1,4}{0,2\text{x}0,082} = 853\ K$$

	A	B	C	D
n(mol)	**0,2**	**0,2**	**0,2**	**0,2**
P(atm)	**10**	**2,2**	**1,5**	**10**
V(l)	**1**	**4,4**	**4,4**	**1,4**
T(K)	**600**	**600**	**400**	**853**

- يرجع الغاز إلى نقطة البداية بتبريد متساوي الضغط
- من جدول الإحداثيات يرسم المخطط.

التمرين الثامن :

نخضع **واحد مول** من غاز مثالي عند النقطة **1** معرفة بالإحداثيات **P**، **V** و **T** إلى تحول متساوي درجة الحرارة متبوع بتحول متساوي الضغط وخلال هذين التحولين ينخفض الضغط إلى النصف وتتضاعف درجة الحرارة. ينقل الغاز إلى النقطة الموالية بتبريد متساوي الحجم إلى درجة الحرارة **T/2** متبوع بتحول كظوم يرجعه إلى نقطة البداية.

التحولات الأربعة عكوسة.

1. مثل هذه الحلقة على **مخطط P,V**
2. احسب لكل تحول وللحلقة **Q , W, ΔU, ΔH** بالحريرة (**calorie**) وبدلالة درجة الحرارة **T**.
3. هل الحلقة محركة أو مقاومة (**مع التبرير**)
4. أحسب مردود الحلقة وقارنه بمردود حلقة كارنو الموافقة

المعطيات: **$R = 2\ cal.mol^{-1}.K^{-1}$; $Cv = (3/2)\ R$**

الحل النموذجي للتمرين الثامن:

	1	2	3	4
n(mol)	**1**	1	1	1
P(atm)	**P**	**P/2**	**P/2**	**P/8**
V(l)	**V**	**2V**	**4V**	**4V**
T(K)	**T**	**T**	**2T**	**T/2**

	1→2(T=Ct)	2→3(P=Ct)	3→4(V=Ct)	4→1(Q=0)	الحلقة
ΔH(cal)	$nC_p\ (T_2-T_1)$	$nC_p\ (T_3-T_2)$	$nC_p\ (T_4-T_3)$	$nC_p\ (T_1-T_4)$	$\sum\Delta H$
	0	5T	-7,5T	2,5T	0
ΔU(cal)	$nC_v\ (T_2-T_1)$	$nC_v\ (T_3-T_2)$	$nC_v\ (T_4-T_3)$	$nC_v\ (T_1-T_4)$	$\sum\Delta U$
	0	3T	-4,5T	1,5T	0
W(cal)	$-nRT\ln V_2/V_1$	$-nR\ (T_3-T_2)$	$-P_{ext}\ (V_4-V_3)$	ΔU_{41}	$\sum W$
	-1,4T	-2T	0	1,5T	-1,9T
Q(cal)	$-W_{12}$	ΔH_{23}	ΔU_{34}		$Q = -\sum W$
	1,4T	5T	-4,5T	0	1,9T

5. هل الحلقة محركة أو مقاومة (مع التبرير)

محرك (أنظر إشارة العمل)

أحسب مردود الحلقة وقارنه بمردود حلقة كارنو الموافقة

$$\rho_{cycle} = \left(\frac{|W_{cycle}|}{Q(+)}\right) x100 = \left(\frac{|-1,9T|}{(1,4T+5T)}\right) x100 = \frac{1,9T}{6,4T} x100 = 30\%$$

$$\rho_{carnot} = \left(1-\frac{T_{froid}}{T_{chaud}}\right) x100 = \left(1-\frac{\left(\frac{T}{2}\right)}{2T}\right) x100 = 75\%$$

مردود حلقة كارنو الافتراضية أكبر من مردود الحلقة لعدم وجود فقدان للحرارة.