# المبدأ الأول للترموديناميك

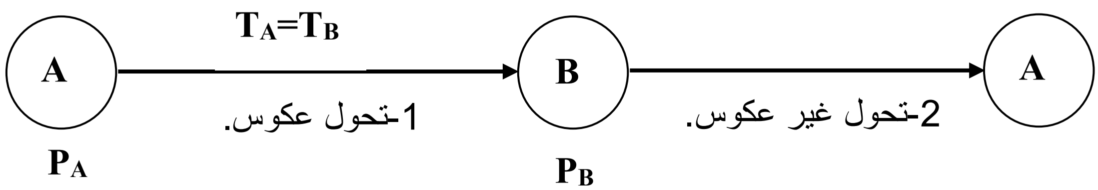
## سلسلة رقم2

### تمرين 1:

يخضع غاز مثالي لسلسلة من التحولات كما هو موضح في المخطط الاتي:

1-حدد نوعية التحول AB,BA؟

2-ارسم مخطط كلابرون للحلقة ABA؟



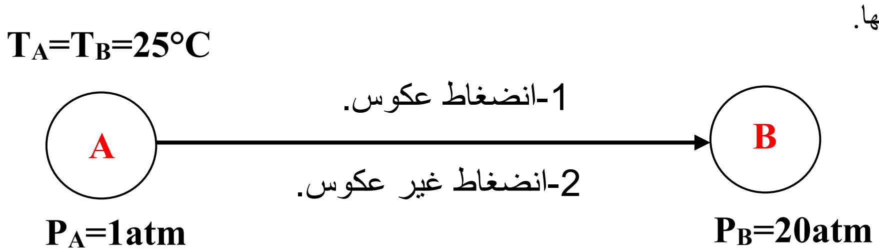

### تمرين 2:

يمثل التحول AB انضغاط 2mol من غاز مثالي في الحالتين التاليتين:1و2

1-حدد نوعية التحول

2-أحسب العمل المتبادل

3- قارن النتائج المتحصل عليها.




### تمرين 3:

يتمدد **1** مول من غاز مثالي من **$P_1$ = 100 atm** إلى غاية **$P_2$ = 1atm** عند**T=25°C** ثابتة.

-أحسب العمل المبذول بطريقتين عكوسة و غير عكوسة؟

-مثل بيانيا العمل في الحالتين ؟

### تمرين 4:

وعاء ذو مكبس متحرك يحتوي علىg2من غاز الهيليوم (غاز مثالي أحادي الذرة)، نطبق على هذا الأخير عند ضغط $P_1$و حجم $V_1$انضغاط أدياباتيكي عكوس ينقل الغاز إلى الضغط $P_2$و الحجم $V_2$. أحسب:

1- الحجم النهائي$V_2$

2- العمل المكتسب من طرف الغاز

3- التغير في الطاقة الداخلية للغاز

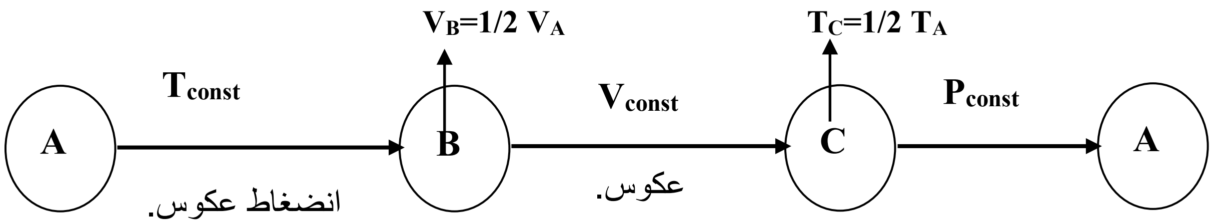
4- استنتج الزيادة في درجة الحرارة دون حساب درجة الحرارة الابتدائية$T_1$

يعطى:

$$P_1 = 1atm,\ V_1 = 10\ l,\quad P_2 = 3atm,\quad \gamma = \frac{Cp}{Cv} = \frac{5}{3};\ R = 8{,}3\ S.I$$

**تمرين 5:**

نخضع 1مول من غاز الازوت إلى سلسلة من التحولات وفق المخطط التالي:




1- مثل الحلقةABCAعلى مخططClapeyron

2-أحسب من أجل التحولات الثلاثة تغيرات الطاقة الداخلية$\Delta U$، العملW، الحرارةQلكل تحول التغيرفي الطاقة الداخلية$\Delta U$ للحلقة و هل المبدأ الأول للترموديناميك محققا أم لا في هذه الحالة؟.

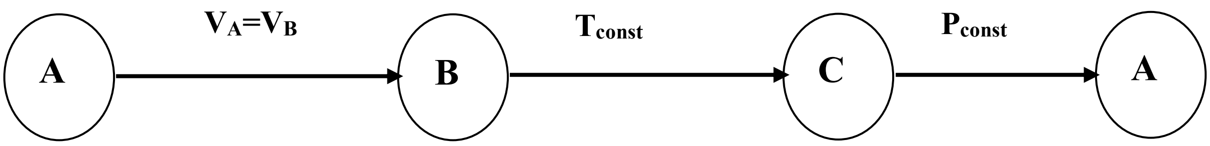
يعطى:

$$R = 8.32\ J/mol.K = 2\ cal/mol.K = 0.082\ L.atm/mol.K$$

$$n_{azote} = 1mole, C_V = \frac{5cal}{mol}.K,\ C_p = 7cal/mol.K;\ P_A = 10\ atm;\ T_A = 400\ K$$

**تمرين6:**

نقوم بإخضاع كتلةmمن الهواءإلى سلسلة من التحولات كما هو موضح في الشكل الاتي:




1-أحسب التغير في الطاقة الداخلية للكتلة m من الغاز خلال كل تحول.

2-أحسب العمل المبذول من طرف الغاز خلال الحلقةABCA.

3- حدد كمية الحرارة الكلية الممتصة من طرف هذا الغاز.

يعطى:

$$m = 1Kg;\ P_A = 1atm;\ T_A = 15°C = 288\ K = T_1\ ;\ T_B = T_C = 177°C = 450\ K = T_2$$
$$C_p = 0,24\ Kcal.Kg^{-1}.K^{-1};\ \gamma = 1,4;\ R = 287,1\ J.Kg^{-1}.K^{-1}$$

# حلول سلسلة رقم2

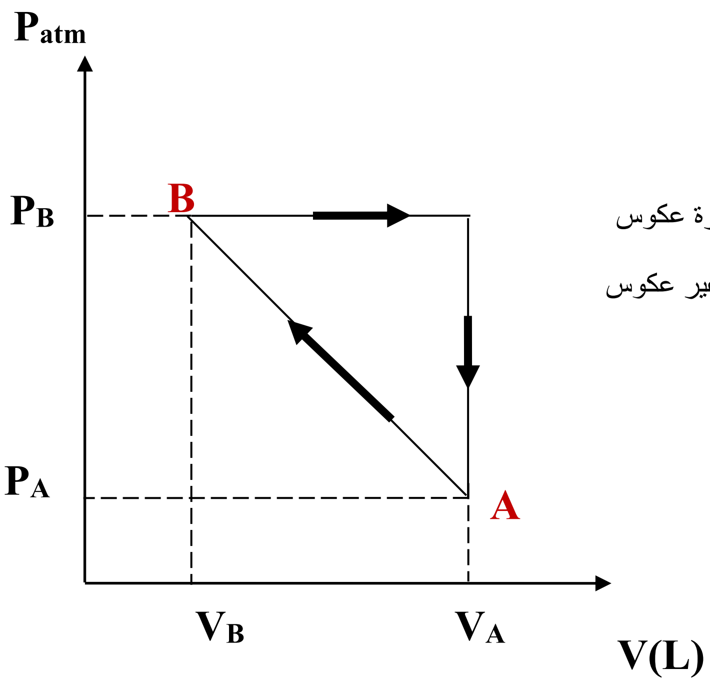
**تمرين 1:**

الاقتراح الاول

- في حالة: $P_A < P_B$

تحولAB انضغاط متساوي درجة الحرارة عكوس

تحولBA تمدد متساوي درجة الحرارة غير عكوس

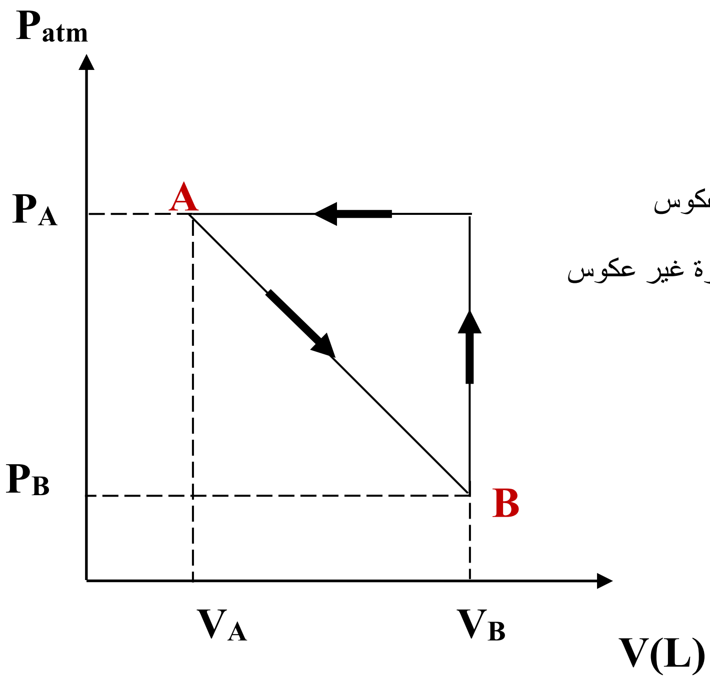



الاقتراح الثاني

- في حالة: $P_A > P_B$

تحولAB تمدد متساوي درجة الحرارة عكوس

تحولBA انضغاط متساوي درجة الحرارة غير عكوس




**تمرين 2:**

1-تحديد نوع التحول:

-ABتحول isotherme انضغاط عكوس.

-BAتحول isotherme انضغاط غير عكوس.

2-حساب العمل

أ- لتحول isotherme انضغاط عكوس:

العمل المتبادل مع الوسط الخارجي W يكون حسب العلاقة التالية.

$$W_{rév} = -nRTLn\,(P_A/P_B) = -nRTLn(V_B/V_A)$$

و منه:

$$W_{rév} = -2 \times 8{,}32 \times 298\ Ln\ \frac{1}{20} = 14838\ J = 14{,}84\ KJ$$

ب - تحول isotherme انضغاط غير عكوس:

$$W = -P_{ext} \int_1^2 dV = -P_{ext}\,(V_2 - V_1) \text{ avec } P_{ext} = P_2 = 20\ atm$$

$$W = -\frac{nRT}{V_2}(V_2 - V_1) = -nRT\,(1 - \frac{V_1}{V_2}) = nRT\,(\frac{P_2}{P_1} - 1)$$

و منه:

$$W_{irr} = 2 \times 8{,}32 \times 298\ (\frac{20}{1} - 1) = 94210\ J = 94{,}21\ KJ$$

3-النتائج الحسابية بينت بأن العمل المكتسب من الغاز خلال التحول غير العكوس (انضغاط متساوي درجة الحرارة) يكون دائما أكبر من العمل المكتسب بطريقة عكوسة لنفس التحول $W_{irr} > W_{rev}$

## تمرين 3:

**أ- حساب العمل بطريقة عكوسة:**

عبارة العمل تعطى بالعلاقة:

$$\delta W = -\,P_{ext}\ dV$$

بما أن التحول عكوس لدينا:

$$P_{ext} = P_{int} = \frac{nRT}{V}$$

$$W_{rév} = \int -P_{ext}\ dV = \int -\frac{nRT}{V}\ dV$$

و بما أن درجة الحرارة Tثابتة (التحول متساوي درجة الحرارة)، لدينا:

$$W_{rév} = -nRT \int_{Vi}^{Vf} \frac{dV}{V} = -nRT\ Ln\ \frac{V_f}{V_i} = nRT\ Ln\ \frac{V_i}{V_f}$$

و بما أن التحول متساوي درجة الحرارة:

$$PiVi = nRT; \quad P_f V_f = nRT \Rightarrow P_i V_i = P_f V_f \Rightarrow \frac{V_i}{V_f} = \frac{P_f}{P_i}$$

$$W_{rév} = nRT\ Ln\ \frac{P_f}{P_i}$$

$$W_{rév} = 1 \times 0{,}082 \times 298\ Ln\ \frac{1}{100} = -112{,}53\ l.atm$$

**ب-حساب العمل بطريقة غير عكوسة:**

بما أن التحول غير عكوس لدينا:

$$W = -\int P_{ext}\, dV$$

خلال التحول غير العكوس

$$P_{ext} = P_f = cte \text{ و } P_{ext} \neq P_{int}$$

$$W_{irrév} = \int -P_{ext}\, \mathrm{dV} = \int -P_f\, dV = -P \int_{Vi}^{Vf} dV = -P_f\,(V_f - V_i)$$

- بما أن الغاز مثالي:

$$PV = nRT \Rightarrow V_f = \frac{nRT_f}{P_f};\ Vi = \frac{nRT_i}{P_i}$$

- وبما أن التحول متساوي درجة الحرارة $T_i = T_f = T$

$$\Rightarrow V_f = \frac{nRT}{P};\ V_i = \frac{nRT}{P}$$

نعوض عبارتي $V_f$ , $V_I$ في عبارة $W_{irré}$ نتحصل على:

$$W_{irrév} = -P_f\left[\frac{nRT}{P_f} - \frac{nRT}{P_i}\right] = -nRT\left[1 - \frac{P_f}{P_i}\right]$$

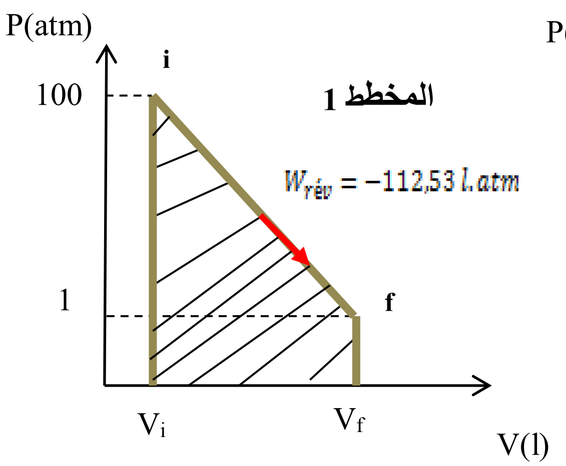
$$W_{irrév} = -1 \times 0{,}082 \times 298\left[1 - \frac{1}{100}\right] = -24{,}20\ l.atm$$

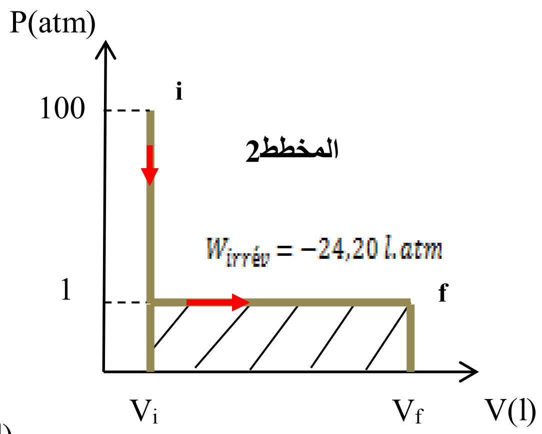
**ب-التمثيل البياني للعمل في الحالتين العكوسة و غير العكوسة:**

يتم تمثيل العمل بيانيا على مخطط كلابيرون:

-المخطط 1:العمل في حالة التحول العكوس.

المخطط2:العمل في حالة التحول غير العكوس.



**تمرين 4:**

**1-لدينا العلاقة:**

$$P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma} \Rightarrow V_2 = V_1\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

$$V_2 = 10\left(\frac{1}{3}\right)^{\frac{3}{5}} = 5{,}16\ l$$

**2- في حالة التحول الأدياباتيكي عبارة العمل هي:**

$$W = \frac{P_2V_2 - P_1V_1}{\gamma - 1} \Rightarrow$$

$$W = \frac{3.10^5 5{,}16.10^{-3} - 10^5 10.10^{-3}}{{}^{2}/_{3}} = 822\ J$$

**3-التغير في الطاقة الداخلية:**

$$U_2 - U_1 = W + Q = W; \quad (Q = 0)$$

$$U_2 - U_1 = 822\ J$$

**4-بالنسبة لـ nمول من غاز مثالي:**

$$U_2 - U_1 = W = n\,C_V(T_2 - T_1);\ C_V = \frac{R}{\gamma - 1}$$

و منه:

$$W = \frac{nR}{\gamma - 1}(T_2 - T_1) \Rightarrow$$

$$T_2 - T_1 = \frac{W(\gamma - 1)}{nR} \Rightarrow T_2 - T_1 = \frac{822.\frac{2}{3}}{\frac{1}{2}.8{,}32} = 131{,}7°C$$

لـ 2g من الهيليوم (He = 4) عدد المولات: $n = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}\ mole$

**تمرين5:**

**1- تمثيل الحلقةABCAعلى مخططClapeyron:**

- **حساب $V_A$:**

بتطبيق قانون الغازات المثالية:

$$P_AV_A = nRT_A \Rightarrow V_A = \frac{nRT_A}{P_A} = \frac{1 \times 0{,}082 \times 400}{10} = 3{,}28\ l$$

- **حساب$V_B$:** لدينا:

$$V_B = \frac{1}{2}V_A = \frac{1}{2}\ 3{,}28 = 1{,}64\ l$$

و بما أن التحول متساوي درجة الحرارة $T_A = T_B = 400\ K$

**لحساب $P_B$:**

$$P_BV_B = nRT_B \Rightarrow P_B = \frac{nRT_A}{V_B} = \frac{1 \times 0{,}082 \times 400}{1{,}64} = 20\ atm$$

- **لحساب $P_C$:**

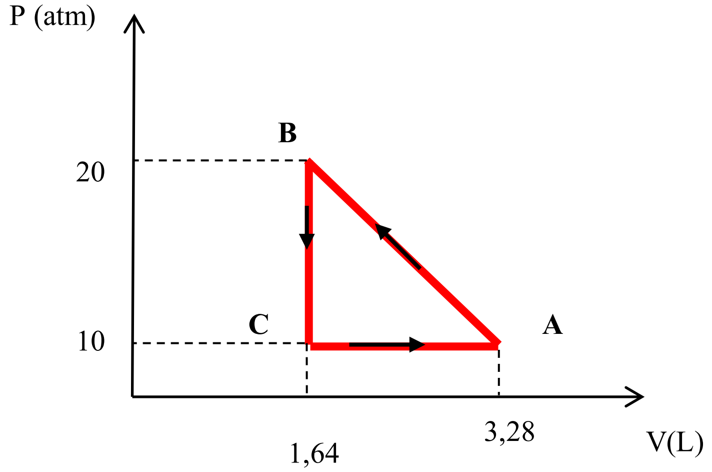
بما أن التحول BC متساوي الحجم لدينا:

$$V_C = V_B = 1{,}64\ l; \quad T_C = \frac{1}{2}T_B = 200\ K$$

- **الضغط $P_C$:**

نتحصل عليه بتطبيق قانون الغازات المثالية:

$$P_CV_B = nRT_C \Rightarrow P_C = \frac{nRT_C}{V_B} = \frac{1 \times 0{,}082 \times 200}{1{,}64} = 10\ atm$$




**2-حساب التغيرفي الطاقة الداخلية$\Delta U$،العمل W، الحرارةQلكل تحول،ثم التغيرفي الطاقة الداخلية$\Delta U$للحلقة.**

**-التحول متساوي درجة الحرارة(AB):**

-التغيرفي الطاقة الداخلية لتحول متساوي درجة الحرارةمعدوم لأنه لا يوجد تغير في درجة الحرارة$\Delta U_{AB} = 0$.

من جهة أخرى

$$\Delta U_{AB} = U_B - U_A = 0 \Rightarrow W_{AB} = -Q_{AB} = nRT_A\ Ln\ \frac{V_A}{V_B}$$

$$W_{AB} = 1 \times 8{,}32 \times 400\ Ln\ \frac{3.28}{1.64} = 2317{,}88 \approx 2318\ J$$

و منه:

$$Q_{AB} = -2318\ J$$

**-التحول متساوي الحجم(BC):**

$$W_{BC} = 0$$

$$\Delta U_{BC} = U_C - U_B = nC_V\Delta T = Q_{BC}$$

$$\Delta U_{BC} = Q_{BC} = 1 \times 5 \times 4{,}18\ (200 - 400) = -4180\ J$$

**-التحول متساوي الضغط(CA):**

$$W_{CA} = -P_A\Delta V == -P_A(V_A - V_C) = -10\times 10^5(3{,}28 - 1{,}64)10^{-3} = -1640\ J$$
$$\Delta U_{CA} = U_A - U_C = nC_V(T_A - T_C) = 1\times 5\times 4{,}18(400 - 200) = 4180\ J$$
$$Q_{CA} = \Delta U_{CA} - W_{CA} = 4180 + 1640 = +5820\ J$$

- **حساب التغير في الطاقة الداخلية للحلقة:**

التغيرفي الطاقة الداخليةللحلقة تساوي مجموعالتغيرفي الطاقة الداخلية لكل تحول:

$$\Delta U_{Cycle} = \Delta U_{AB} + \Delta U_{BC} + \Delta U_{CA} = 0 - 4180 + 4180 = 0$$
$$\Delta U_{Cycle} = W_{cycle} + Q_{cycle} = (2318 + 0 - 1640) + (-2318 - 4180 + 5820) = 0$$

2- المبدأ الأول للترموديناميك محقق، خلال التحول المغلق (حلقة) هناك انحفاظ في الطاقة الداخلية

$$\Delta U_{Cycle} = W_{cycle} + Q_{cycle} = 0$$

كمية الحرارة تساوي إلى العمل المتبادل

**تمرين 6:**

**1-التغير في الطاقة الداخلية:**
**-التحول متساوي الحجم AB:**

$$\Delta U_{AB} = U_B - U_A = Q_{AB} + W_{AB}$$

و لأن:

$$W_{AB} = 0\ (\Delta V = 0)$$

يصبح لدينا:

$$\Delta U_{AB} = Q_{AB} = mC_V(T_2 - T_1)$$

**-التحول متساوي درجة الحرارةBC:**

التغيرفي الطاقة الداخلية لغاز مثالي خلال التحول متساوي درجة الحرارة معدوم لأنه لا يوجد تغير في درجة الحرارة:

$$\Delta U_{BC} = U_C - U_B = 0$$

**-التحول متساوي الضغطAC:**

$$\Delta U_{AC} = U_C - U_A = Q_{AC} + W_{AC}$$

و

$$\Delta U_{AC} = m\ C_V(T_2 - T_1)$$

التغيرات في الطاقة الداخلية( $\Delta U_{AB}+\Delta U_{BC}$) $\Delta U_{AC}$ متساوية، هذه النتيجة كانت متوقعة لأن الطاقة الداخلية لغاز مثالي تتعلق بدرجة الحرارة و التحولات التي تمت دراستها تجري بين نفس درجات الحرارة $T_C$و$T_A$.

ليكن:

$$\Delta U_{AB} = \Delta U_{AC} = mC_V(T_2 - T_1) = m\frac{C_P}{\gamma}(T_2 - T_1)$$
$$\Delta U_{AB} = \Delta U_{AC} = 1\times\frac{0{,}24}{1{,}4}(450 - 288) = 27{,}7\ Kcal$$

**2) حساب العمل الكلي المبذول من طرف الغاز:**

العمل الكلي يساوي مجموع الأعمال خلال التحولات:

-بالنسبة للتحول متساوي الحجم: $W_{AB} = 0\ (\Delta V = 0)$

-بالنسبة للتحول متساوي درجة الحرارة: $W_{BC} = P_C V_C Ln\frac{V_B}{V_C}$

لحساب $W_{BC}$ يجب حساب $P_C$ و $P_B$.

بما أن BC التحول متساوي درجة الحرارة $T_B = T_C$

و منه: $P_B V_B = P_C V_C \Rightarrow \frac{P_B}{P_C} = \frac{V_C}{V_B}$

بما أن التحول $AB$ متساوي الحجم $V_A = V_B$ تصبح العلاقة السابقة: $\frac{P_B}{P_C} = \frac{V_C}{V_A}$

من جهة أخرى لدينا: $P_A = P_C$ ($CA$ تحول متساوي الضغط) و منه:

$$\frac{V_C}{V_A} = \frac{T_C}{T_A} = \frac{T_2}{T_1}$$

في النهاية نتحصل على:

$$\frac{P_B}{P_C} = \frac{T_2}{T_1}$$

و منه:

$$W_{BC} = P_C V_C Ln\frac{T_1}{T_2} = mRT_2 Ln\frac{T_1}{T_2}$$

$$\Rightarrow W_{BC} = -1 \times 287{,}1 \times 450 Ln\frac{450}{288} = -57658\ J$$

-بالنسبة للتحول متساوي الضغط:

$$W_{CA} = P_A(V_1 - V_2) = mR(T_1 - T_2) = 1 \times 287{,}1(288 - 450) = -46510\ J$$

-العمل الكلي المبذول من طرف الغاز خلال الحلقة هو:

$$W_{tot} = 0 - 57658 - 46510 = -104168\ J$$

الحلقة مغلقة و منه $\Delta U_{tot} = 0$ و من جهة أخرى $\Delta U_{tot} = Q_{tot} + W_{tot}$ أي $Q_{tot} + W_{tot} = 0$

$$\Rightarrow Q_{tot} = -W_{tot} = 104168\ J = \frac{104168}{4{,}18.10^3} = 24{,}88 Kcal$$