المدرسة العليا للأساتذة طالب عبد الرحمن بالأغواط

الفيزياء /قسم الرياضيات
جذع مشترك سنة أولى متوسط/ثانوي

السنة الجامعية 2023/2022

السلسلة رقم ❷ : أساسيات الترموديناميك الكيميائي

التمرين II.1: أعطي أمثلة لما يلي: جملة مفتوحة، جملة معزولة، جملة مغلقة، مقادير سعوية، مقادير شدية.

التمرين II.2: دالة الحالة لمائع ما $V = f(P,T)$، نعرف ثلاث معاملات موجبة:

$\alpha = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P$ معامل التمدد عند ضغط ثابت ودرجة حرارة T،

$\beta = \frac{1}{P}\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V$ معامل الزيادة في الضغط عند حجم ثابت ودرجة حرارة T ،

$\kappa_T = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T$ معامل الانضغاط عند درجة حرارة ثابتة.

1- أثبت أن $\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T = -1$ وتأكد من أن عبارة الضغط P تكتب: $P = \frac{\alpha}{\beta \times \kappa_T}$

التمرين II.3: محرك كهربائي ينتج 15 كيلوجول من الطاقة في الثانية على شكل عمل ميكانيكي و يفقد 2 كيلوجول من الطاقة في الثانية على شكل حرارة مفقودة في المحيط الخارجي.

- أحسب تغيير الطاقة الداخلية للجملة المكونة من هذا المحرك الكهربائي.

التمرين II.4: أ- ما هو العمل اللازم لرفع كتلة تقدر بـ1 كيلوغرام، بمقدار 10 أمتار انطلاقا من سطح الأرض ($g = 9.81 m/s^2$)

ب- ما هو العمل اللازم لرفع كتلة تقدر ب 1 كيلوغرام، بمقدار 10 أمتار إنطلاقا من سطح القمر ($g=1.6\ m/s^2$).

التمرين II.5: نلصق قطعة حديد كتلتها 25غ و درجة حرارتها 14.4C° بقطعة من الذهب كتلتها 35غ ودرجة حرارتها 24.1°C

أ- أحسب درجة الحرارة النهائية للجملة المتكونة من القطعتين عندما لا تتبادل الحرارة مع المحيط.

ب- أحسب كمية الحرارة الممتصة من طرف الحديد.

ج- أحسب كمية الحرارة التي يفقدها الذهب.

المعطيات: $C_{p,m}$=25.4 J/K.mol بالنسبة للذهب، $C_{p,m}$=25.23 J/K.mol للحديد.

التمرين II.6: أحسب كمية الحرارة المتبادلة مع الوسط الخارجي لتحول مول من اليود من 300 كلفن إلى 500 كلفن تحت ضغط 1 جو. **المعطيات:** السعات الحرارية للأجسام النقية هي: اليود السائل $C_{p(I_2)} = 19{,}5\ cal.mol^{-1}.K^{-1}$ ، اليود الصلب $C_{p(I_2)} = 5{,}4\ cal.mol^{-1}.K^{-1}$، اليود غاز $C_{p(I_2)} = 9{,}0\ cal.mol^{-1}.K^{-1}$.

الحرارة اللاطية للانصهار عند 387K : $3{,}74\ Kcal.mol^{-1}$

الحرارة اللاطية للتبخير عند 457K : $6{,}1\ Kcal.mol^{-1}$

التمرين II.7: أحسب كمية الحرارة الممتصة من طرف صفيحة الألمنيوم (Al) كتلتها 1,35g حتى ترتفع درجة حرارتها من 25°C إلى 125°C تحت الضغط الجوي. **المعطيات:** $C_p(Al) = 20{,}7 + 12{,}4.10^{-3}\ T$ J/K.mol

التمرين 8.II: ما هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة منزل من20 ° م إلى25 °م. إذا كان حجم الهواء الموجود به مساويا 00 م^3 .إذا كان الهواء يسلك سلوك غاز ميثالي، أحسب تغير الطاقة الداخلية و تغير الأنثالبية خلال هذه العملية.

معطيات: كثافة الهواء 1.29 كغ/م^3 عند 20 °م، السعة الحرارية للهواء 21 جول/كلفن.مول، والكتلة المولية للهواء29 غ/مول.

التمرين 9.II: يتم إنضغاط إيزوثرمي واحد مول من غاز الأرغون (Ar) عند 300 كلفن من الحجم الإبتدائي V_1=20L إلى V_2=5L النهائي. نعتبر أن غاز الأرغون يسلك سلوك غاز مثالي.

- ✓ أرسم المخطط P=f(V) ؟

يمكن حساب المساحة المحصورة بين المنحنى P=f(V) ومحور الفواصل والمستقيمان V_2=5L و V_1=20L بالعلاقة:

$$S=2,3RT\ \mathrm{Log}\ (V_1/V_2)$$

- ✓ بين أن المساحة (S) ماهي إلا العمل الميكانيكي W.
- ✓ إستنتج قيمة W_1 وكذا قيمة Q_1 لكمية الحرارة التي يفقدها الغاز خلال هذا التحول.

نضع الغاز (الحالة الإبتدائية) في وعاء أسطواني مغلق بمكبس متحرك بواسطة كتلة صغيرة موضوع داخل حمام مائي درجة حرارته ثابتة 300 كلفن، نغير في الضغط خارج الوعاء حتى تبلغ القيمة P_2 (قيمة الضغط في نهاية التجربة الأولى) و يبقى ثابتا، نحرر المكبس فيتحرك فجأة ويخضع لبعض الاهتزازات ثم يستقر (نهمل الاحتكاك بين الوعاء والمكبس) بعد لحظات قليلة يصبح الغاز في توازن ثرموديناميكي مع الوسط الخارجي.

1- أحسب من أجل حالة التوازن النهائية ضغط ودرجة حرارة الأرغون.

2- أحسب العمل W_2 قارن القيمة مع W_1. ثم أحسب كمية الحرارة Q_2 التي يفقدها الغاز.

التمرين 10.II: تتمدد جملة من غازات مثالية من V_1= 2,5L إلى V_2= 4V_1 أثناء إمتصاصها لكمية من الحرارة قدرها 1,23 Kj من الوسط الخارجي. إذا علمت أن هذا التمدد لا عكوس خذ الضغط الخارجي P_{ext}=2 atm فأحسب التغير في الطاقة الداخلية لهذه الجملة ΔU ؟

$\Delta U = Q + W$; $W = -P_{ext}\int_{V_1} dV = -P_{ext}(V_2 - V_1) = ٢\times١،٠١٣٢٥\times١٠^٥\ (١٠-٢،٥)\times١٠^{-٣}$

$W = -١٥١٩،٨ \Rightarrow \Delta U = -١٥١٩،٨ + ١٢٣٠ = -289,8\ J$

× **التمرين 11.II:** مزيج غازي يشغل حجم 100 L عند 25°C تحت الضغط الجوي, نقوم بضغط الجملة حتى نصل إلى الضغط النهائي P_f= 100atm وفق التحولات التالية: 1- تحول إيزوترمي عكوس (متوازن)

2- تحول إيزوترمي لاعكوس (يتم بمرحلة واحدة سريعة)

3- تحول إيزوترمي لاعكوس و يتم وفق الخطوات المتعاقبة الآتية:

$$P_0=1atm \longrightarrow P_1=25atm \longrightarrow P_2=50atm \longrightarrow P_3=100atm$$

- ✓ أحسب العمل المتبادل مع الوسط الخارجي لكل تحول. ماذا تستنتج ؟

التمرين 12.II: يحتوي وعاء أسطواني مغلق بمكبس متحرك على مول من غاز ميثالي ثنائي الذرة حيث $C_{v,m}$=5/2.R تحت درجة حرارة T_A=400K و عند حجم V_A=1L (الحالة A). أ- أحسب ضغط الغاز P_A.

ب- نمدد الغاز بطريقة (متوازنة) عكوسة إيزوترمية حتى يصبح حجم الغاز V_B =5L (الحالة B). أحسب قيم المقادير التالية بالجول: W_{AB} ، Q_{AB} ، ΔU_{AB} ، ΔH_{AB}

ج- نمدد الغاز بطريقة (متوازنة) عكوسة أدياباتيكية حتى تصبح درجة الحرارة T_C=300K(الحالة C). أحسب قيم المقادير التالية بالجول: Q_{BC} ، W_{BC} ، ΔU_{BC} , ΔH_{BC}.

و أحسب P_C و V_C . د- أرسم مخطط P.V.

$\frac{Cp}{Cv}$

$nC_v\Delta T$

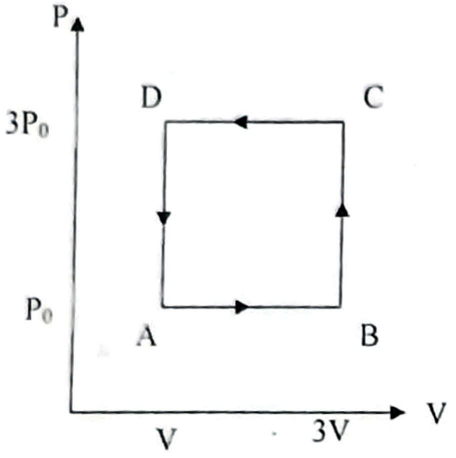
ين 13.II: يخضع مول من غاز مثالي للتحولات التالية : التحول الأول: إنكماش ايزوثرمي متوازن من الحالة الأولى $P_1=2atm$ $T_1=27°C$ إلى الحالة الثانية $P_2=10atm$. التحول الثاني: تمدد أدياباتيكي متوازن من الحالة الثانية إلى الحالة الثالثة $P_3=2$ atm . التحول الثالث: تسخين ايزوباري من الحالة الثالثة إلى الحالة الأولى .

أ- أحسب V_1, V_2, V_3, T_2, T_3 . ب- أرسم مخططا لتحولات وحالات الجملة. ج- أحسب لكل تحول وللدورة Q ، W ، ΔU، ΔH . **معطيات:** $C_{v,m}=3/2R$.

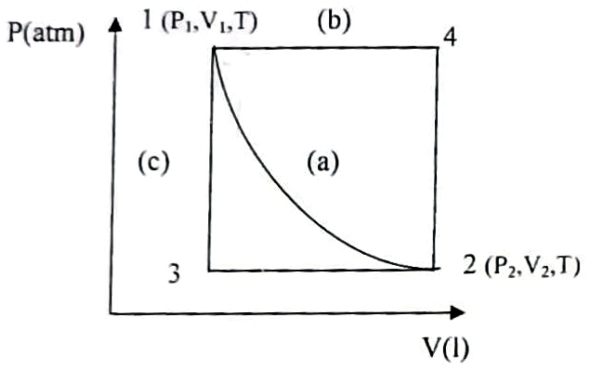
التمرين 14.II: تخضع كمية من غاز مثالي احادي الذرة في الحالة A الى أربع تحولات متوازنة (اثنان عند ضغط ثابت واثنان عند حجم ثابت كما بالشكل حيث تعطى قيم ضغط وحجم كل حالة بدلالة مقادير الحالة A: V_0 و P_0 وقيم السعة الحرارية هي : $C_{v,m}=3/2R$ ، $C_{p,m}=5/2R$.

أ- أحسب قيم درجات حرارة الغاز في الحالات D ، C ، B بدلالة قيمة درجة حرارة الحالة A ($T=T_0$) .

ب- أحسب قيم Q ، W ، ΔU للجملة أثناء التحولات الأربع بدلالة V_0 و P_0 .



التمرين 15.II: تخضع كمية معينة من غاز مثالي أحادي الذرة إلى تحول عكوس من حالة ابتدائية (1) معرفة بـ (P_1,V_1,T) إلى حالة نهائية (2) معرفة بـ (P_2,V_2,T). يمكن لهذ ا التحول أن يجري بثلاثة طرق مختلفة (أنظر الشكل مخطط CLAPEYRON)



االطريق (a) : $2 \leftarrow 1$

الطريق (b) : $2 \leftarrow 4 \leftarrow 1$

الطريق (c) : $2 \leftarrow 3 \leftarrow 1$

1- عرف التحول العكوس

2- إشرح مخطط CLAPEYRON مبينا نوع التحولات التي يخضع لها هذا الغاز المثالي (شرحا دقيقا ومفصلا).

أحسب لكل تحول العمل الميكانيكي وكمية الحرارة المتبادلة مع الوسط الخارجي، ثم استنتج التغير في الطاقة الداخلية للغاز المثالي في كل تحول، علل. $P_1=32atm$, $P_2=4atm$, $V_1=1L$, $V_2=8L$, $T=298°K$, $C_v=3/2R$

سلسلة 2:

حل ت 1:

الجملة المفتوحة: احتراق ورقة - كوب قهوة.

الجملة المغلقة: محرك.

الجملة المعزولة:

مقادير سعوية: الحجم.

مقادير شدية: الحرارة

السلسلة 02 :-

حل التمرين 02 :

①- الإثبات أن :

$$\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T = -1$$

لدينا :

$PV = nRT$

- $P = \frac{nRT}{V} \Rightarrow \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \frac{nR}{V}$ ..... ①
- $T = \frac{PV}{nR} \Rightarrow \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P = \frac{P}{nR}$ ..... ②
- $V = \frac{nRT}{P}$

$\Rightarrow \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T = -\frac{nRT}{P2}$ ..... ③

① × ② × ③

$\Leftrightarrow \left(\frac{\cancel{nR}}{V}\right)\left(\frac{\cancel{P}}{\cancel{nR}}\right)\left(-\frac{nRT}{P\cancel{2}}\right) = -\frac{nRT}{PV}$

ولدينا : $nRT = PV$

$\Rightarrow \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T = -1$

②- التأكد أن :

$$P = \frac{\alpha}{\beta \times K.T}$$

- $\alpha = \frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P \Rightarrow \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_P = \alpha.V$

$\Rightarrow \left(\frac{dT}{\partial V}\right)_P = \frac{1}{\alpha.V}$ ..... ①

- $\beta = \frac{1}{P}\left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \Rightarrow \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V = \beta.P$ ..... ②
- $K_T = -\frac{1}{V}\left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T \Rightarrow \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T = -K_T V$ ..... ③

بالضرب : ①x②x③

نجد :

$(\beta.P)\left(\frac{1}{\alpha.V}\right).(-K_T V)$

$= \left(\frac{\partial P}{\partial T}\right)_V \left(\frac{\partial T}{\partial V}\right)_P \left(\frac{\partial V}{\partial P}\right)_T = -1$

$\Rightarrow \frac{\beta.P}{\alpha.V}.K_T V = 1$

$\Rightarrow P = \frac{\alpha V}{\beta K_T V}$

$\Rightarrow P = \frac{\alpha}{\beta.K_T}$ وهو المطلوب.

حل التمرين 03 :

المبدأ الأول للترموديناميك :

$\Delta U = Q + W.$

$W = 15\,kJ \; ; \; Q = -2kj.$

$\Delta U = 15-2 = 13\,kj.$

حل التمرين 04 :

①- العمل اللازم لرفع كتلة تقدر ب 1 كيلوغرام من سطح الأرض :

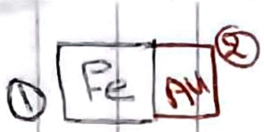
$W = P.h = m.g.h = 1\times 9.81\times 10.$

$= 98,1$ joul.

② العمل اللازم لرفع كتلة تقدر ب 1kg من سطح القمر :

$W = P\times h = m.g.h = 1\times \quad \times 10$

$= 16$ joul.



حل التمرين 05 :

°1 - الجملة معزولة ⇐ $\Sigma Q_i = 0$.

$Q_{Au} + Q_{Fe} = 0$.

$n_1 c_1 (T_f - T_1) + n_2 C_2 (T_f - T_2) = 0$

$$T_f = \frac{n_1 c_1 T_1 + n_2 c_2 T_2}{n_1 c_1 + n_2 c_2} = \frac{\frac{m}{M_1} C T_1 + \frac{m}{M_2} c_2 T_2}{\frac{m}{M} c_1 + \frac{m}{m} c_2} = 17,17 C°$$

$= 290,32 K°$

°2 - حساب كمية الحرارة الممتصة من الحديد :

$Q = n . c_{p,m} \Delta T = n . c_{p,m} (T_{eq} - T_2) = \frac{25}{56} \times 25,23 (17,17 - 14,4)$

$= 31,19$ joul

°3 - حساب كمية الحرارة التي يفقدها الذهب :

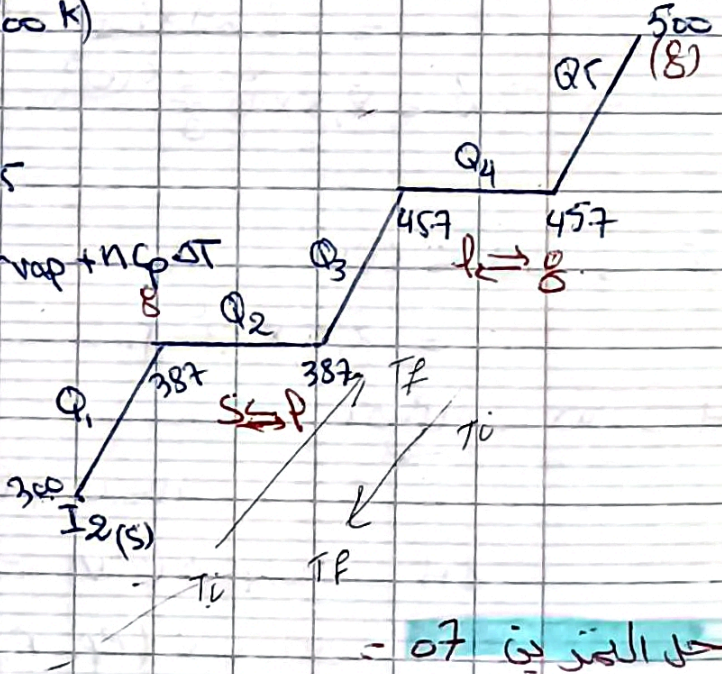
$Q_{Fe} + Q_{Au} = 0 \Rightarrow Q_{Au} = -Q_{Fe} = -31,19$ joul

حل التمرين 06 :

$$(300K)\ \underset{(s)}{I_2} \xrightarrow[\text{fus} \qquad \text{vap}]{Q_T = ?} \underset{(g)}{I_2}\ (500\ K)$$

$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$

$= n C_{p(s)} \Delta T + n L_{fus} + n C_{p(l)} \Delta T + n h_{vap} + n C_{p\,g} \Delta T$



حل التمرين 07 :

$$Q = \int_{T_1}^{T_2} n\, C_p\, dT = n \int_{T_1}^{T_2} (20,7 + 12,4.10^{-3} T)\, dT$$

$$= n \left[20,7\, T \Big|_{T_1}^{T_2} + \frac{1}{2}\, 12,4.10^{-3}\, T^2 \Big|_{T_1}^{T_2} \right]$$

$$= \frac{m}{M} \left[20,7 (T_2 - T_1) + \frac{12,4.10^{-3}}{2} (T_2^2 - T_1^2) \right]$$

$$= \frac{1,35}{27} \left[20,7 (125 - 25) + \frac{12,4.10^{-3}}{2} (398^2 - 298^2) \right.$$

تمرين 08

حساب كمية الحرارة :

$$Q = \int n C_v\, dT = n C_v \Delta T$$

$$= \frac{m}{M} C_v (T_f - T_i)$$

$$= \frac{d.v}{M} C_v (T_f - T_i)$$

$$= \frac{1,29 \times 600}{29 \times 10^{-3}} \times 21 (25 - 20)$$

$$\Rightarrow Q_V = 2,8 \times 10\ J$$

- حساب الطاقة الداخلية :

لأن $w = 0$

$$V = cte \Rightarrow \Delta U = Q_V$$

$$= 2,8 \times 10^6\ J.$$

- حساب تغير الأنتالبية :

$$\Delta H = \Delta U + nR\Delta T$$

$$H = U + PV$$

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(P.V) = \Delta U + P\Delta V + V\Delta P$$

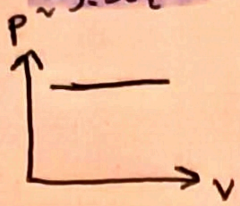
$$= \Delta U + V(P_f - P_i) = \Delta U + V\left(\frac{nRT_f}{V} - \frac{nRT_i}{V}\right)$$

$$= \Delta U + nR(T_f - T_i) = \Delta U + nR\Delta T$$

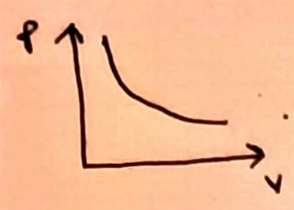
$$= 2,8.10^6 + \frac{1,29 \times 600}{2,9.10^{-3}}\, 8,31 (25 - 20)$$

$$\Delta H = 3,9.10^3\ kJ.$$

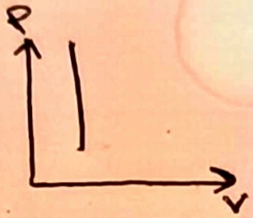
إيزوباري



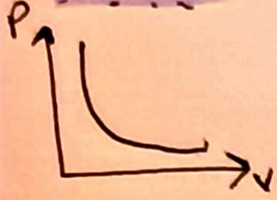
إيزوتارمي



إيزوكوري



أدياباتيكي



انضغاط : من ① إلى ②

تمدد : من ② إلى ①

$W = -P\Delta V$

$W = -P(\cancel{V_2 - V_1})^{0}$ $V = cte$ $V_1 = V_2$

$W = 0$

$\Delta U = Q + W$ **ومنه**

$\Rightarrow \Delta U = Q$

حل التمرين 09 :

$V_1 = 20\ L$; $V_2 = 5\ l$. $n_{Ar} = 1\ mol$, $T = 300k$.

- رسم مخطط $P = f(V)$

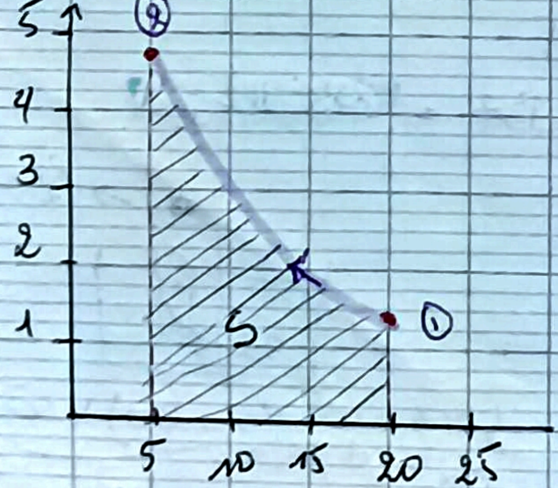
أولا حساب الضغط لدينا :

$P_1V_1 = nRT \Rightarrow P_1 = \frac{nRT}{V_1}$

$= \frac{1 \times 0{,}082 \times 300}{20}$ $P_1 = 1{,}23\ atm$

$P_2V_2 = nRT \Rightarrow P_2 = \frac{nRT}{V_2} \Rightarrow P_2 = \frac{1 \times 0{,}082 \times 300}{5}$

$\Rightarrow P_2 = 4{,}92\ atm$



$$S = 2,3RT \log\left(\frac{V_1}{V_2}\right)$$

- تبيين أن S ما هي إلا عمل ميكانيكي :

لدينا تحول إيزوترمي (تحول عكوس).

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

$$w = \int -P_{ext}\, dV \Rightarrow w = \int -\frac{nRT}{V}\, dV$$

$$w = -nRT \int \frac{dV}{V} \Rightarrow w = -nRT \ln\frac{V_2}{V_1}$$

$$\Rightarrow w = nRT \ln\frac{V_1}{V_2}$$

لدينا :

$$\log x = \frac{\ln x}{\ln 10} = \frac{\ln x}{2,3}$$

$$\Rightarrow \ln x = 2,3 \log x$$

لدينا $n = 1$

$$w = RT \ln\frac{V_1}{V_2}$$

$$\Rightarrow w = 2,3RT \log\frac{V_1}{V_2} = S \leftarrow$$ محققة

- استنتاج قيمة w_1 :

$$w_1 = 2,3 \times 8,314 \times 300 \log\left(\frac{20}{5}\right)$$

$$w_1 = 3453,81\ J$$

لدينا $T = cte$ معناه : $\Delta U = 0.$

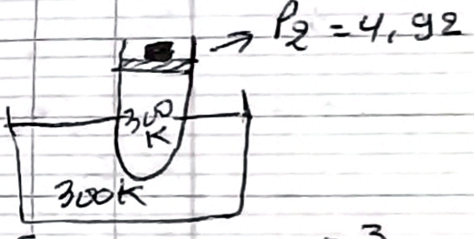
$$Q + w = 0 \Rightarrow Q = -w$$

$$\Rightarrow Q = -3453,81\ J.$$

الجزء الثاني : تحول لاعكوس :

$T = cte.$

$P_f = P_i = P_2 = 4,92\ atm$



$$w = \int_{V_1}^{V_2} -P_{est}\, dV$$

$$= -P_f(V_2 - V_1) = \underbrace{-4,92 \times 1,013 \times 10^5}_{Pa} \underbrace{(5-20) \times 10^{-3}}_{m^3}$$

$$w_{irr} = 7475,94\ J.$$

$J = Pa.m^3$

$w_{irr} > w_{rev}$

لاعكوس.

$Q_2 = -W_2 = -7475,94$ joul.

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

$= -4,092 \times 8,31 \times 298,15\left(1 - \frac{100}{1}\right)$

$\boxed{W = 1003 \text{ KJ}}$

-/3

$W = W_{0\to1} + W_{1\to2} + W_{2\to3}$

$= -nRT\left[\left(1 - \frac{P_1}{P_0}\right) + \left(1 - \frac{P_2}{P_1}\right) + \left(1 - \frac{P_3}{P_2}\right)\right]$

$W = 263$ KJ.

الاستنتاج :

حل التمرين ١٠

حساب التغير في الطاقة الداخلية :

$\Delta U = Q + W$

حساب W :

$W = -P_{ext}\int_{V_1}^{V_2} dv.$

$= -P_{ext}(V_2 - V_1)$

$= -2 \times 1,013 \times 10^5 \, (10 - 2,5).10^{-3}$

$W = -1519,5$ joul.

$\hookrightarrow \Delta U = Q + W = 1230 - 1519,5$

$\Delta U = -289,5$ joul.

حل التمرين ١١ :

① - حساب العمل في كل حالة :

التحول ① :

$W_{rev} = -nRT \ln\left(\frac{V_2}{V_1}\right) = -nRT \ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$

- حساب n :

$P.V = nRT \Rightarrow n = \frac{PV}{RT} = \frac{1 \times 100}{0,082 \times 298,15}$

$= 4,09$ mol

$W = -4,09 \times 8,31 \times 298,15 \ln\left(\frac{1}{100}\right)$

$W = 4,66.10^4$ J.

التحول 02 :

$W = -P_2 \Delta V$

$W = -P_2(V_2 - V_1)$

$W = -P_2\left(\frac{nRT}{P_2} - \frac{nRT}{P_1}\right)$

التمرين 12 :

حساب PA :

$$P_A V_A = nRT_A$$

$$P_A = \frac{nRT_A}{V_A} \Rightarrow P_A = \frac{1 \times 0,082 \times 400}{1}$$

$$P_A = 32,8 \text{ atm}$$

ب) - تحول إيزوترمي عكوس

$$W_{AB} = -nRT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$= -1 \times 8,31 \times 400 \ln\left(\frac{5}{1}\right)$$

$$W_{AB} = -5352,34 \text{ Joul}$$

لدينا تحول عكوس إيزوترمي $T = cte$

$$\Rightarrow \Delta U_{AB} = 0$$

$$W + Q = 0 \Rightarrow Q = -W = 5352,34 J$$

$$T = cte \Rightarrow \Delta H_{AB} = 0 . = nC_p \underbrace{\Delta T}_{0}$$

ج) - تحول عكوس أدياباتيكي .

$$\Rightarrow Q_{BC} = 0$$

$$\Delta U = W = nC_v \Delta T$$

$$= 1 \times \frac{5}{2}(8,31) + (300 - 400)$$

$$\Delta U_{BC} = W_{BC} = -2909,9 \text{ Joul}$$

- حساب Pc و Vc :

$$T_C . V_C^{\gamma-1} = T_B . V_B^{\gamma-1}$$

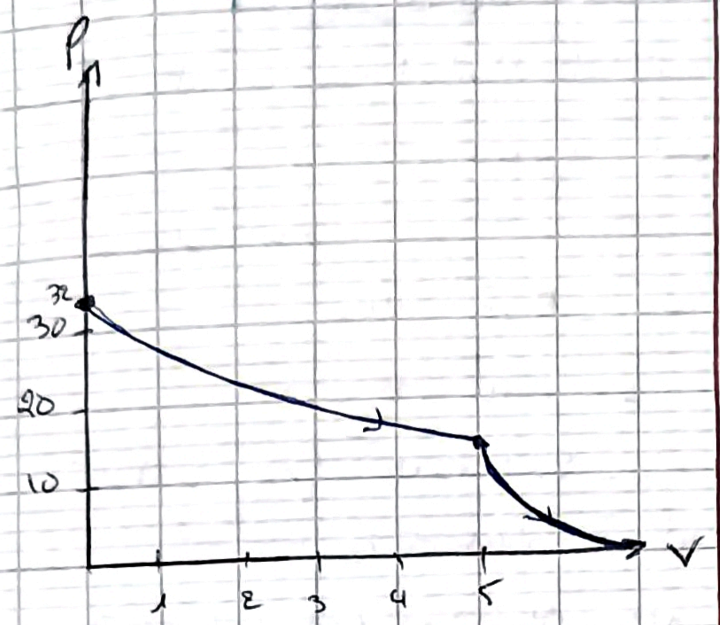
$$V_C^{\gamma-1} = \frac{T_B . V_B^{\gamma-1}}{T_C}$$

$$V_C = \left(\frac{T_B . V_B^{\gamma-1}}{T_C}\right)^{\frac{1}{\gamma-1}}$$

$$V_C = 10,26 \ell$$

$$P_C = \frac{nRT_C}{V_C} = 2,4 \text{ atm}$$

- رسم المخطط P.V :



التمرين 13 :

$$\begin{tikzcd}
\begin{pmatrix} P_1 = 2 \text{ atm} \\ V_1 = 12,3 \ell \\ T_1 = 300K \end{pmatrix} \arrow[rr, "\text{إيزوترمي}", "t = cte"'] & & \begin{pmatrix} P_2 = 10 \text{ atm} \\ V_2 = 2,46 \ell \\ T_2 = 300K \end{pmatrix} \arrow[dl, bend left, "\Delta Q = 0", "\text{أدياباتيكي}"'] \\
& \begin{pmatrix} P_3 = 2 \text{ atm} \\ V_3 = 6,46 \ell \\ T_3 = 157,56 \end{pmatrix} \arrow[ul, bend left, "P = cte", "\text{إيزوباري}"'] &
\end{tikzcd}$$

1- حساب V_1 ، V_2 ، V_3 ، T_2 ، T_3.

$$P_1V_1 = nRT_1 \Rightarrow V_1 = \frac{nRT_1}{P_1}$$

$$V_1 = \frac{1\times0{,}082\times300}{2} = 12{,}3\,l.$$

$$P_2V_2 = nRT_2 \Rightarrow V_2 = \frac{nRT_2}{P_2}$$

$$= \frac{1\times0{,}082\times300}{10} = 2{,}46\,l$$

$$P_2V_2^{\gamma} = P_3V_3^{\gamma}$$

$$V_3 = \left(\frac{P_2V_2^{\gamma}}{P_3}\right)^{1/\gamma} = \left(\frac{P_2}{P_3}\right)^{\gamma}.V_2$$

$$= \left(\frac{10}{2}\right)^{\frac{1}{1{,}66}} \times 2{,}46$$

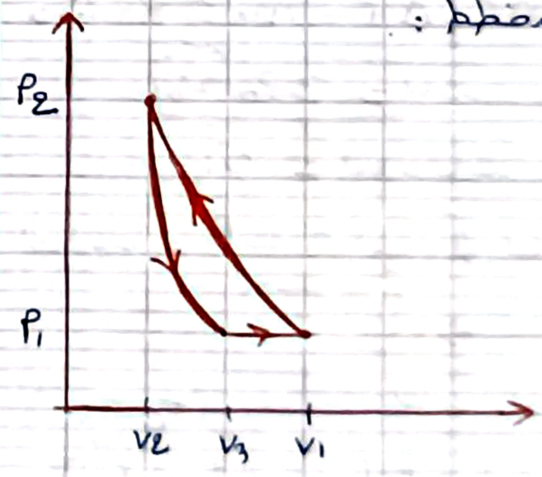
$$V_3 = 6{,}46\,l.$$

$T_2 = T_1 = 300\,K$ $\quad T = cte.$

$$P_3V_3 = nRT_3 \Rightarrow T_3 = \frac{P_3V_3}{nR}$$

$$T_3 = \frac{2\times6{,}46}{1\times0{,}082} = 157{,}56\,K$$

- رسم المخطط :



حساب Q ، W ، ΔU ، ΔH :

أ) التحول الايزوترمي $T = cte$

$$W_{1-2} = -nRT \ln\frac{V_2}{V_1}$$

$$W_{1-2} = -1\times8{,}31\times300 \ln\frac{2{,}46}{12{,}3}$$

$$W_{1-2} = 4014{,}33\,J$$

$$W_{1-2} = -Q_{1-2} = -4014{,}33\,J.$$

$$\Delta U_{1-2} = 0 \quad ; \Delta H = 0.$$

ب). التحول الأدياباتيكي .

$$Q_{2-3} = 0.$$

$$\Delta U_{2-3} = W_{2-3} = nC_v\Delta T.$$

$$= 1\times\frac{3}{2}(8{,}31)(157{,}56-300)$$

$$= -2960{,}62\,J.$$

ج)- تحول إيزوباري . $P = cte$

$$W_{3-1} = -P\Delta V$$

$$= -2\times1{,}013\times10^{5}(12{,}3-6{,}46).10^{-3}$$

$$= -1183{,}184\,J.$$

$$Q_{3-1} = \Delta H_{3-1} = nC_p\Delta T = 1\times\frac{5}{2}(8{,}314)$$

$$(300-157{,}56)$$

$$= 2960{,}62\,J.$$

$$\Delta U_{3-1} = W_{3-1} + Q_{3-1} = 1777{,}436\,J.$$

$$\Delta U_{\text{الدورة}} = \Delta U_{1-2} + \Delta U_{2-3} + \Delta U_{3-1} = 0$$

$$\Delta H_{\text{الدورة}} = \Delta H_{1-2} + \Delta H_{2-3} + \Delta H_{3-1} = 0$$

$$Q_{\text{الدورة}} = -W_{\text{الدورة}} \quad \begin{cases} Q_{\text{الدورة}} = Q_{1-2} + Q_{2-3} + Q_{3-1} \\ W_{\text{الدورة}} = W_{1-2} + W_{2-3} + W_{3-1} \end{cases}$$

التمرين 14 :

① - حساب قيم درجة الحرارة بدلالة T_0

$$\begin{tikzcd} (D)\begin{cases}P_D=3P_0\\ V_D=V_0\\ T_D=3T_0\end{cases} \arrow[d, "\text{إيزوكوري}"'] & (C)\begin{cases}P_C=3P_0\\ V_C=3V_0\\ T_C=9T_0\end{cases} \arrow[l, "\text{إيزوباري}"'] \\ (A)\begin{cases}P_0\\ V_0\\ T_0\end{cases} \arrow[r, "\text{إيزوباري}"] & (B)\begin{cases}P_B=P_0\\ V_B=3V_0\\ T_B=3T_0\end{cases} \arrow[u, "\text{إيزوكوري}"'] \end{tikzcd}$$

$P_B V_B = nRT_B \Rightarrow T_B = \frac{P_B V_B}{nR}$

$= \frac{P_0 3V_0}{nR} = 3T_0$

$T_C = \frac{P_C V_C}{nR} = \frac{3P_0 . 3V_0}{nR} = 9T_0$

$T_D = \frac{P_D V_D}{nR} = \frac{3P_0 . V_0}{nR} = 3T_0$

2) حساب Q و W و ΔU في كل حالة

الحالة ①: A إلى B = (إيزوباري)

$P = cte$ $\qquad \Delta U = W + Q$

$W = -P_0(3V_0 - V_0)$

$\boxed{W = -2P_0V_0}$

$(T_B - T_A)$

$\Delta U = nC_v\Delta T = n \times \frac{3}{\cancel{2}} R \times \cancel{2}T_0$

$\boxed{\Delta U = 3P_0V_0}$

$\Rightarrow Q = \Delta U - W = \boxed{5P_0V_0}$

الحالة ②: $B \to C$ إيزوكوري

$V = cte \Rightarrow \boxed{W = 0}$

$\Rightarrow \Delta U = Q$

$(T_C - T_B)$

$\Delta U = nC_v\Delta T = n \times \frac{3}{2} \times R \times 6T_0$

$\Delta U = 9nRT_0 \Rightarrow \boxed{\Delta U = 9P_0V_0}$

تكمل المراحل الأخرى بنفس الطريقة.

التمرين 15 :

الطريق a :

$T = cte \Rightarrow \Delta U_a = 0.$

$W_a = -Q_a$ | $n = \frac{PV}{RT}$

$W_a = -nRT \ln\frac{V_2}{V_1}$ | $n = 1{,}3\,mol$

$W_a = -1{,}3 \times 8{,}31 \times 298 \ln\frac{2}{1}$

$W_a = -6{,}697$ Kj.

$Q_a = 6{,}697$ Kj

الطريق c :

$\Delta U_c = \Delta U_{13} + \Delta U_{32} = 0.$

$\Rightarrow W_c = -Q_c.$

$W_c = \cancel{W_{13}}^{\,0} + W_{32}$

$= -P(V_2 - V_3)$

$= -4 \times 1{,}013 \times 10^{5} (8-1).10^{-3}$

$W_c = -2{,}836$ Kj.

$Q_c = 2{,}836$ Kj.

الطريق b :

$\Delta U_b = \Delta U_{14} + \Delta U_{42} = 0.$

$W_b = -Q_b.$

$W_b = W_{14} + \cancel{W_{42}}^{\,0} = -P(V_4 - V_1)$

$= -32 \times 1{,}013 \times 10^{5} (8-1).10^{-3}$

$W_b = -22{,}691$ Kj.

$Q_b = 22{,}691$ Kj.