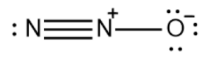
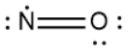
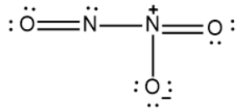
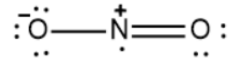
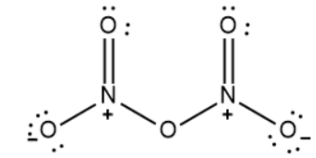
1-р зэрэглэл **(5 оноо)**

Металл биш оксидууд дотроос зөвхөн азотын оксид +1-ээс +5 хүртэлх исэлдэхүйн хэм бүрт дор хаяж нэг бинар оксидтой байдаг.

1. Азотын исэлдэхүйн хэм бүрийн хамгийн энгийн оксидын молекулын томьёо болон Льюсийн бүтцийг (нэг резонанс бүтэц хангалттай) зурна уу. (1.0 оноо)

+1 исэлдэхүйн хэм: N_2O +2 исэлдэхүйн хэм: NO +3 исэлдэхүйн хэм: N_2O_3 +4 исэлдэхүйн хэм: NO_2 +5 исэлдэхүйн хэм: N_2O_5      **1.0 оноо**	Тус бүр 0.1 оноо 0.1×5=0.5 оноо Тус бүр 0.1 оноо 0.1×5=0.5 оноо

Түлшний элемент болох устөрөгчийг метанолоос дараах урвалаар гарган авдаг.

$$N_2O_{(хий)} + O_{2(хий)} \rightarrow NO_{2(хий)}$$

Энэхүү урвалыг тогтмол эзлэхүүнтэй реакторт хийн фазад явуулсан.

	N_2O	O_2	NO_2
$\Delta_{үүс}H°$, кЖ/моль	+82.05	0	+33.18
S°, Ж/моль·К	219.85	205.138	240.06

2. 25°C температурт урвалын тэнцвэрийн тогтмол K_p-ийг бодож олно уу. (1.5 оноо)

$2\ N_2O_{(хий)} + 3\ O_{2(хий)} \rightarrow 4\ NO_{2(хий)}$ $\Delta_{урв}H° = (4 \times \Delta_f H°(NO_2)) - (2 \times \Delta_f H°(N_2O) + 3 \times \Delta_f H°(O_2)) =$ $= (4 \times 33.18) - (2 \times 82.05 + 0) = -31.38 кЖ \cdot моль^{-1}$	0.25 оноо

$\Delta_{урв}S° = (4 \times S°(NO_2)) - (2 \times S°(N_2O) + 3 \times S°(O_2)) =$ $= (4 \times 240.06) - (2 \times 219.85 + 3 \times 205.138) = -94.874\ Ж \cdot моль^{-1} \cdot К^{-1}$	0.25 оноо
$\Delta_{урв}G° = \Delta_{урв}H° - T \times \Delta_{урв}S°$ $= -31.38 \cdot 10^3 Ж \cdot моль^{-1}$ $- 298К \times \left(-94.874 Ж \cdot моль^{-1} \cdot К^{-1}\right) = -3.107\ кЖ \cdot моль^{-1}$	0.25 оноо
$\Delta_{урв}G° = -RT \ln K$	0.25 оноо
$K = e^{-\left(\Delta_{урв}G°/RT\right)} = e^{-\left(-3530 Ж \cdot моль^{-1}/8.314 Ж \cdot моль^{-1}К^{-1} \times 298К\right)} = 3.49$	0.5 оноо
1.5 оноо	

3. 50°C температурт урвалын тэнцвэрийн тогтмол K_p-ийг бодож олно уу. (1.0 оноо)

50°C температур дахь урвалын тэнцвэрийн тогтмол: $\ln\left(\frac{K_2}{K_1}\right) = \frac{-\Delta_{урв}H°}{R}\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$ $\ln\left(\frac{K_2}{0.285}\right) = \frac{-31.38 \cdot 10^3 Ж \cdot моль^{-1}}{8.314 Ж \cdot моль^{-1}К^{-1}}\left(\frac{1}{323К} - \frac{1}{298К}\right)$	0.5 оноо
$K_2 = 1.31$	0.5 оноо
1.0 оноо	

4. 50°C температурт 1 моль N_2O болон 2 моль O_2-ийг реакторт оруулахад урвалын гарц 54.0 % байсан бол реакторын нийт даралтыг олно уу. (1.5 оноо)

	N_2O	O_2	NO_2	
Анх	1 моль	2 моль	0	
Урвалд орсон	0.540	0.81	1.08	0.15 оноо
Тэнцвэр	0.46	1.19	1.08	0.15 оноо
Тэнцвэр дэх молийн доль, α	0.1685	0.4359	0.3956	0.15 оноо
$K(50°C) = \frac{(P_{NO_2})^4}{(P_{N_2O})^2 \times (P_{O_2})^3} = 0.76$				0.3 оноо
$K(50°C) = \frac{1}{p}\frac{(0.3956)^4}{(0.1685)^2 \times (0.4359)^3} = 1.31$				
$p = 7.92$ бар				0.5 оноо
1.5 оноо				0.25 оноо

3-р зэрэглэл **(6 оноо)**

50.00 мл 0.05 М хурган чихний хүчил ($H_2C_2O_4$)-ийг 0.10 М NaOH-р титрлэсэн бол дараах даалгаврууд ыг гүйцэтгэнэ үү. ($K_{a1}(H_2C_2O_4) = 5.60\cdot10^{-2}$, $K_{a2}(H_2C_2O_4) = 5.42\cdot10^{-5}$)

1. Хурган чихний хүчлийн уусмалын pH (a.b)-ийг тооцоолно уу. (0.5 оноо)

$H_2C_2O_4 \rightleftarrows H^+ + HC_2O_4^-$ $[H^+] = [HC_2O_4^-] = x [H_2C_2O_4] = 0.05 - x$ $K_1 = \frac{[H^+][HC_2O_4^-]}{[H_2C_2O_4]} = 5.60 \times 10^{-2} = \frac{x^2}{0.05 - x}$ $x = [H^+] = 0.03186$ $pH = 1.497$ **0.5 оноо** *Ойролцоолол ашиглан бодвол* $[H^+] = \sqrt{K_1 C} = 0.0529M$ *болох тул 0.25 оноо өгнө.*	0.25 оноо 0.25 оноо

2. 10.00 мл NaOH нэмсний дараах уусмалын pH-ийг тооцоолно уу. (1.0 оноо)

$H_2C_2O_4 + NaOH \rightarrow NaHC_2O_4 + H_2O$	
$C_{H_2C_2O_4} = \frac{50мл \times 0.05M - 10мл \times 0.1M}{50мл + 10мл} = 0.025M$	0.2 оноо
$C_{NaHC_2O_4} = \frac{10мл \times 0.1M}{50мл + 10мл} = 0.0167M$	0.2 оноо
$[HC_2O_4^-] = 0.0167 + [H^+]$	0.1 оноо
$[H_2C_2O_4] = 0.025 - [H^+]$	0.1 оноо
$K_1 = \frac{[H^+][HC_2O_4^-]}{[H_2C_2O_4]} = \frac{[H^+] \times (0.0167 + [H^+])}{0.025 - [H^+]} = 5.60 \times 10^{-2}$	0.2 оноо
$[H^+] = 0.02784$	0.2 оноо
$pH = 1.55$	
1.0 оноо	

3. 24.90 мл NaOH нэмсний дараах уусмалын pH-ийг тооцоолно уу. (1.5 оноо)

$C_{H_2C_2O_4} = \frac{50мл \times 0.05M - 24.9мл \times 0.1M}{50мл + 24.9мл} = 0.00013M$	0.2 оноо
$[HC_2O_4^-] = C_{NaHC_2O_4} = \frac{24.9мл \times 0.1M}{50мл + 24.9мл} = 0.033M$	0.2 оноо
Масс баланс:	
$C_{H_2C_2O_4} + C_{NaHC_2O_4} = [H_2C_2O_4] + [HC_2O_4^-] + [C_2O_4^{2-}]$	0.1 оноо
Цэнэгийн баланс:	
$[H^+] + [Na^+] = [HC_2O_4^-] + 2[C_2O_4^{2-}] + [OH^-]$	0.1 оноо

$$C_{NaHC_2O_4} = [HC_2O_4^-] + 2[C_2O_4^{2-}] - [H^+]$$ $$[H^+] = C_{H_2C_2O_4} + [C_2O_4^{2-}] - [HC_2O_4^-]$$ $$[H^+] = C_{H_2C_2O_4} + \frac{K_2[HC_2O_4^-]}{[H^+]} - \frac{[H^+][HC_2O_4^-]}{K_1}$$	0.2 оноо
$$[H^+] = 0.00013 + \frac{5.42 \times 10^{-5} \times 0.033}{[H^+]} - \frac{[H^+]0.033}{5.60 \times 10^{-2}}$$ $$\left(1 + \frac{0.033}{5.60 \times 10^{-2}}\right)[H^+]^2 - 0.00013[H^+] - 5.42 \times 10^{-5} \times 0.033 = 0$$	0.2 оноо
$$1.589[H^+]^2 - 0.00013[H^+] - 1.788 \times 10^{-6} = 0$$	0.2 оноо
$$[H^+] = 0.00102M$$	0.2 оноо
$$pH = 2.99$$	0.1 оноо
1.5 оноо	

4. 30.00 мл NaOH нэмсний дараах уусмалын pH-ийг тооцоолно уу. (1.0 оноо)

$$NaHC_2O_4 + NaOH \rightarrow Na_2C_2O_4 + H_2O$$	
$$[C_2O_4^{2-}] = C_{Na_2C_2O_4} = \frac{30мл \times 0.1M - 50мл \times 0.05M}{50мл + 30мл} = 0.00625M$$	0.2 оноо
$$C_{NaHC_2O_4} = \frac{50мл \times 0.05M - (30 - 25) \times 0.1M}{50мл + 30мл} = 0.025M$$	0.2 оноо
$$K_2 = \frac{[H^+][C_2O_4^{2-}]}{[HC_2O_4^-]} = \frac{[H^+]0.00625}{0.025} = 5.42 \times 10^{-5}$$	0.3 оноо
$$[H^+] = 2.17 \times 10^{-4}M$$	0.2 оноо
$$pH = 3.66$$	0.1 оноо
1.0 оноо	

5. 50.00 мл NaOH нэмсний дараах уусмалын pH-ийг тооцоолно уу. (1.0 оноо)

$$C_{Na_2C_2O_4} = \frac{50мл \times 0.05M}{50мл + 50мл} = 0.025M$$	0.2 оноо
$$K_{b1} = \frac{K_w}{K_{a2}} = \frac{1.00 \times 10^{-14}}{5.42 \times 10^{-5}} = 1.84 \times 10^{-10}$$	0.2 оноо

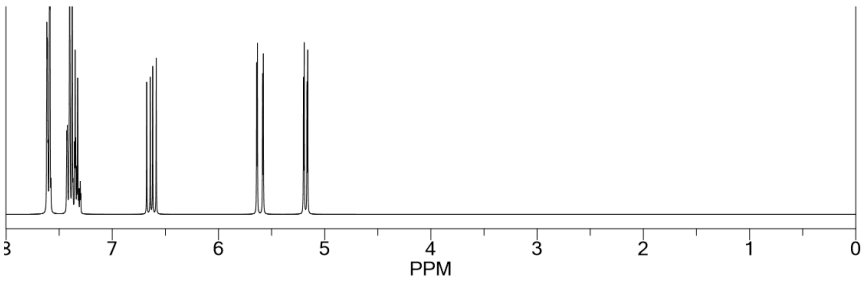
$$K_{b1} = \frac{[HC_2O_4^-][OH^-]}{[C_2O_4^{2-}]} = \frac{x^2}{0.025 - x}$$	0.2 оноо
$$x = [OH^-] = 2.14 \times 10^{-6}M$$	
$$pOH = 5.67$$	0.2 оноо
$$pH = 8.33$$	0.1 оноо
1.0 оноо	0.1 оноо

6. 50.01 мл NaOH нэмсний дараах уусмалын pH-ийг тооцоолно уу. (1.0 оноо)

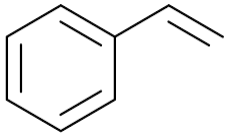
$$C_{Na_2C_2O_4} = \frac{50мл \times 0.05M}{50мл + 50.01мл} = 0.02499M$$	0.2 оноо
$$[OH^-]_{илүүдэл} = \frac{0.01мл \times 0.1M}{50мл + 50.01мл} = 9.999 \times 10^{-6}M$$	0.2 оноо
$$K_{b1} = \frac{[HC_2O_4^-][OH^-]}{[C_2O_4^{2-}]} = \frac{[HC_2O_4^-](9.999\times10^{-6}+[HC_2O_4^-])}{0.02499-[HC_2O_4^-]} = 1.84 \times 10^{-10}$$	0.2 оноо
$$[HC_2O_4^-] = 0.44 \times 10^{-6}M$$	0.2 оноо
$$[OH^-] = 9.999 \times 10^{-6}M + 0.44 \times 10^{-6}M = 10.439 \times 10^{-6}M$$	0.1 оноо
$$pOH = 4.98$$	0.1 оноо
$$pH = 9.02$$	
1.0 оноо	

2-р зэрэглэл (6 оноо)

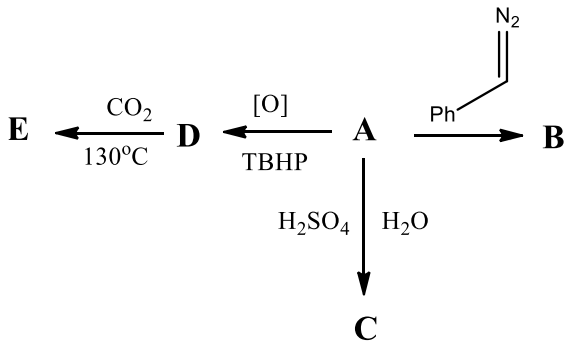
A бодис нь 92.26 % C, 7.74 % H агуулсан ба 1H-ЦСР спектр нь дараах байдалтай болно.



1. **A** бодисын томьёог тогтоож, бүтцийг зурна уу. (1.5 оноо)

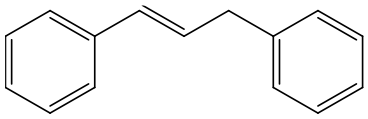
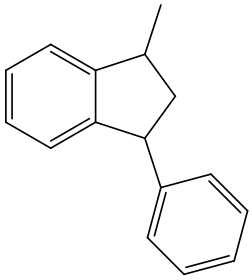
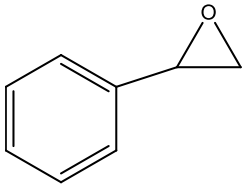
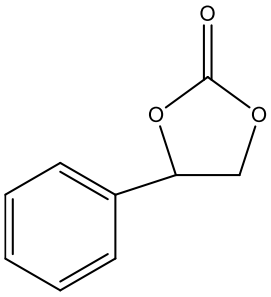
C_xH_y $x:y = \frac{92.26}{12}:\frac{7.74}{1} = 7.688:7.74 = 1:1$ 	0.5 оноо 1.0 оноо

A бодисын судлах зарим урвалуудыг судалсан.



2. **B-E** хүртэлх бодисын тогтоож, бүтцийг зурна уу. (4.0 оноо)

B бодис	**C** бодис

 1.0 оноо	 1.5 оноо
D бодис	**E** бодис
 1.0 оноо	 1.0 оноо

4-р зэрэглэл **(8 оноо)**

1 г усны температурыг 1 К-ээр нэмэгдүүлэхэд шаардагдах дулаан нь 4.18 Ж тул усны хувийн дулааны багтаамж 4.18 Ж·г$^{-1}$·К$^{-1}$ байна. Харин усны уурын хувийн дулааны багтаамж 1.99 Ж·г$^{-1}$·К$^{-1}$ болно. Бодисыг халаах болон фазын шилжилт хийх үед энтропийн өөрчлөлт гардаг ба энтропийг дараах томьёогоор тооцоолдог.

Фазын шилжилтийн энтропи: $\Delta S_{\text{шилжилт}} = \dfrac{\Delta H_{\text{шилжилт}}}{T_{\text{шилжилт}}}$

Халаах үеийн энтропи: $\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} \dfrac{mC_p dT}{T}$

90°C температурт байх 20 г усийг 120°C хүртэл халаасан. Усны уурших дулаан 100^{0}C-т 2258 Ж/г болно.

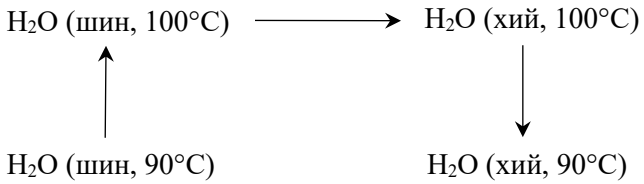
1. 90°C температуртай 20 г мөсийг 120°C хүртэл аажим халаахад зарцуулагдах дулааныг тооцоолно уу. (1.0 оноо)

$\mathrm{q} = \mathrm{q}_{(90°\mathrm{C}\rightarrow 100°\mathrm{C})} + \mathrm{q}_{\text{уурших}} + \mathrm{q}_{(100°\mathrm{C}\rightarrow 120°\mathrm{C})}$ $= 20\text{г} \times \left(4.18\text{Ж} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \times (100\text{К} - 90\,\text{К}) + 2258\text{Ж} \cdot \text{г}^{-1} + 1.99\text{Ж} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \times (120\,\text{К} - 100\text{К})\right) = 46.792\text{кЖ}$ **1.0 оноо** *Нийт дулааныг шууд олбол 1.0 оноо өгнө, 3 дулаан тус бүрийг олсон тохиолдолд 0.25 оноо, олсон 3 дулаанаа ашиглан нийлбэр дулаан олсон бол 0.25 оноо*	0.5 оноо 0.5 оноо

2. 90°C температуртай 20 г мөсийг 120°C хүртэл халаах үеийн энтропийн өөрчлөлтийг тооцоолно уу. (1.0 оноо)

$\Delta S = \Delta S_{(90°\mathrm{C}\rightarrow 100°\mathrm{C})} + \Delta S_{\text{уурших}} + \Delta S_{(100°\mathrm{C}\rightarrow 120°\mathrm{C})}$ $\Delta S = 20\text{г} \times 4.18\text{Ж} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \times \ln\dfrac{373K}{363K} + \dfrac{20\text{г} \times 2258\,\text{Ж} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}}{373K} + 20\text{г} \times 1.99\,\text{Ж} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \times \ln\dfrac{393K}{373K} = 125.423\,\text{Ж} \cdot \text{К}^{-1}$ **1.0 оноо** *Энтропийн өөрчлөлтийг шууд олбол 1.0 оноо өгнө, 3 энтропийн өөрчлөлт тус бүрийг олсон тохиолдолд 0.25 оноо, олсон 3 дулаанаа ашиглан нийлбэр энтропийг олсон бол 0.25 оноо.*	0.5 оноо 0.5 оноо

1 атм, 90°C-т шингэн уснаас усны уур болох өөрчлөлтийг дараах бүдүүвчээр үзүүлэв.



3. 90°C температурт шингэн ус ба усны уурын хоорондох шилжилтийн молийн энтропийн өөрчлөлтийг тооцоолно уу. (1.0 оноо)

$\Delta S(ш \rightarrow х) = \Delta S(ш) + \Delta S(шилжилт) + \Delta S(х)$ $\Delta S(ш) + \Delta S(х) = \Delta Cp\, ln\frac{T}{T_{буц}}$ $\Delta S(шилжилт) = \frac{\Delta_{уурших}H}{T_{буц}}$ $\Delta S(ш \rightarrow х) = \Delta S(ш) + \Delta S(х) + \Delta S(шилжилт) =$	0.25 оноо
$\Delta S(ш \rightarrow х) = 18\text{г} \cdot \text{моль}^{-1} \times 4.18\text{Ж} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \times \ln\frac{373K}{363K} +$ $\frac{18\text{г}\cdot\text{моль}^{-1}\times 2258\ \text{Ж}\cdot\text{г}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}}{373K} + 18\text{г} \cdot \text{моль}^{-1} \times 1.99\ \text{Ж} \cdot \text{г}^{-1} \cdot \text{К}^{-1} \times \ln\frac{363K}{373K} =$ $110.18\ \text{Ж} \cdot моль^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$	0.75 оноо

4. Дээрх процессын хүрээлэн буй орчны болон нийт энтропийн өөрчлөлтийг тооцоолно уу. Энэхүү шилжилт аль чиглэлд аяндаа явагдах вэ? (2.0 оноо)

$\Delta S(орчин) = -\Delta Cp\frac{T-T_{буц}}{T} - \frac{\Delta_{уурших}H}{T} = -(-39.42Ж \cdot моль^{-1} \cdot K^{-1}) \times \frac{363-373}{363} -$ $\frac{40.7кЖ\cdot моль^{-1}}{363K} = -113.20Ж \cdot моль^{-1} \cdot K^{-1}$	1.0 оноо
$\Delta S(нийт) = \Delta S(ш \rightarrow х) + \Delta S(орчин) = +110.18 - 113.20 = -3.02Ж \cdot моль^{-1} \cdot K^{-1}$	0.5 оноо
$\Delta S < 0$ тул эргэх шилжилт аяндаа явна.	0.5 оноо

Идеаль хийн даралтыг *p-с p'* болтол ($p > p'$) изотерм тэлэлт хийх үеийн энтропийн өөрчлөлт ΔS нь:

$$\Delta S[Ж \cdot K^{-1} моль^{-1}] = -R\, ln\left(\frac{p'}{p}\right)$$

Шингэн ус p_0 даралтад усны уур болж уурших үеийн энтальпийн өөрчлөлт $\Delta H^0_{\text{уурших}}$, энтропийн өөрчлөлт $\Delta S^0_{\text{уурших}}$ (эдгээр утгууд нь температураас хамаарахгүй ба хий нь идеаль хий) байна. Шингэн ус p_1 даралтад усны уур болж уурших үеийн энтальпийн өөрчлөлт $\Delta H_{\text{уурших}} = \Delta H^0_{\text{уурших}}$ байна. p_0=1бар даралтад $\Delta H^0_{\text{уурших}} = 4.070 \times 10^4 \text{Ж} \cdot \text{моль}^{-1}$ ба $\Delta S^0_{уурших} = 1.091 \times 10^2 Ж \cdot K^{-1} \cdot моль^{-1}$ бол:

5. 74°C температур дахь ханасан уурын даралтыг тооцоолно уу. (1.5 оноо)

$\Delta_{үүр}G = \Delta_{үүр}H - T\Delta_{үүр}S = \Delta_{үүр}H° - T(\Delta_{үүр}S° - R\ ln(\ p_1/p_0)$	0.5 оноо
$\Delta_{үүр}H° - T(\Delta_{үүр}S° - R\ \mathrm{T}ln(\ p_1/p_0) = 0$	
$\Delta_{үүр}H° - T\Delta_{үүр}S° = -R\ \mathrm{T}ln(\ p_1/p_0)$	0.5 оноо
$p_1 = 2.68\ бар$	0.5 оноо

6. 60%-ийн чийгшил, 74°C температурт ус ууршихүеийн Гиббсийн энергийн өөрчлөлтийг тооцоолно уу. Чийгшил нь усны уурын бодит хувийн даралтыг усны ханасан уурын даралттай харьцуулсан харьцааг илэрхийлнэ. (1.5 оноо)

$\Delta_{үүр}G = \Delta_{үүр}H - T\Delta_{үүр}S = \Delta_{үүр}H° - T(\Delta_{үүр}S° - R\ ln(\ 0.6p_1/p_0)$	0.5 оноо
$= \Delta_{үүр}H° - T\Delta_{үүр}S° + RT\ ln(\ p_1/p_0) + RT\ ln\,0.6 = RT\ ln\,0.6$	0.5 оноо
$\Delta_{үүр}G = -1.47\ кЖ \times моль^{-1}$	0.5 оноо