

IChO 1970

Teorik sorular ve çözümler · Budapeşte, Macaristan · 6 teori sorusu, tam çözümleriyle

eulersolve.org/icho/1970/

Soru 1: Yanma ürünlerinden bir gazın yapısının belirlenmesi

23 g miktarındaki bir gaz (standart sıcaklık ve basınçta (STP) yoğunluğu $\rho = 2.05 \text{ g dm}^{-3}$) yakıldığında 44 g karbondioksit ve 27 g su verir.

Soru:

Gazın (bileşiğin) yapı formülü nedir?

Soru metni resmi İngilizce metinden çevrilmiştir.

Cevaplar

1. Dimetil eter (metoksimetan), $\text{CH}_3\text{—O—CH}_3$; molekül formülü $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$. SMILES: coc.

Çözüm

1. Bileşimi ve molekül formülünü belirleyelim.

Yanma ürünleri karbondioksit ($\text{O}=\text{C}=\text{O}$) ve sudur (O). Karbon, hidrojen ve oksijen için sırasıyla geleneksel atom kütleleri olan 12, 1 ve 16 kullanılırsa:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{44 \text{ g}}{44 \text{ g mol}^{-1}} = 1.0 \text{ mol},$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{27 \text{ g}}{18 \text{ g mol}^{-1}} = 1.5 \text{ mol}.$$

Dolayısıyla örnek, 1.0 mol karbon atomu ve $2(1.5) = 3.0$ mol hidrojen atomu içerir; bunlar 12 g karbon ve 3 g hidrojene karşılık gelir.

Geriye kalan kütle oksijene aittir:

$$m_{\text{O}} = 23 - 12 - 3 = 8 \text{ g}, \quad n_{\text{O}} = \frac{8 \text{ g}}{16 \text{ g mol}^{-1}} = 0.50 \text{ mol}.$$

Buna göre atomların sayıca oranı

$$n_{\text{C}} : n_{\text{H}} : n_{\text{O}} = 1.0 : 3.0 : 0.50 = 2 : 6 : 1,$$

olduğundan basit formül $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$, basit formül kütlesi ise 46 g mol^{-1} olarak bulunur.

Geleneksel standart sıcaklık ve basınç koşullarındaki ideal gaz molar hacmi, $V_m = 22.4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$, kullanılırsa,

$$M = \rho V_m = (2.05 \text{ g dm}^{-3})(22.4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}) = 45.9 \text{ g mol}^{-1}.$$

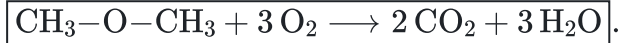
Bu değer basit formül kütlesiyle uyumludur; dolayısıyla molekül formülü C_2H_6O olur.

İki yapı izomeri vardır:

- **Dimetil eter**, CH_3-O-CH_3 , SMILES coc.
- **Etanol**, CH_3-CH_2-OH , SMILES cco.

Dimetil eter standart sıcaklık ve basınçta gaz hâlindeyken etanol sıvıdır. Bu nedenle bileşiğin gaz hâlinde olduğunun belirtilmesi, onun oksijen atomu iki metil grubuna bağlı olan **dimetil eter** olduğunu gösterir.

Moleküler oksijen ($O=O$) kullanılarak yazılan denkleştirilmiş yanma denklemi şöyledir:



Nitekim 23 g dimetil eter, 0.50 mol dimetil etere karşılık gelir ve 1.0 mol (44 g) karbondioksit ile 1.5 mol (27 g) su oluşturur.

Çözüm, resmi çözümle karşılaştırılarak kontrol edildi.

Soru 2: İki kristal soda örneğinde kristal suyu

Kütlesi 1.287 g olan bir kristal soda örneği (A), fazla miktarda hidroklorik asitle tepkimeye sokulmuş ve (STP koşullarında ölçülen) 100.8 cm^3 gaz açığa çıkmıştır.

Kütlesi 0.715 g olan farklı bir kristal sodaya ait başka bir örnek (B), 50 cm^3 0.2 N sülfürik asitle parçalanmıştır.

Soda tamamen parçalandıktan sonra, sülfürik asidin fazlası nötrleştirilmiş ve bunun için 50 cm^3 0.1 N sodyum hidroksit çözeltisi gerekmiştir (metil oranj indikatörü kullanılarak titrasyonla).

Sorular:

2.1 İlk soda örneğinde bir Na_2CO_3 molekülü başına kaç su molekülü bulunmaktadır?

2.2 Her iki soda örneği de aynı bileşime mi sahiptir?

Bağıl atom kütleleri: $A_r(Na) = 23$; $A_r(H) = 1$; $A_r(C) = 12$; $A_r(O) = 16$.

Soru metni resmi İngilizce metinden çevrilmiştir.

Cevaplar

- **2.1** A örneği, Na_2CO_3 formül birimi başına **10 su molekülü** (SMILES o) içerir. Bu örnek **sodyum karbonat dekahidrat**, $Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O$, bileşiğidir; bileşenlerin SMILES gösterimi: $[Na+].[Na+].[O-]C(=O)[O-].O.O.O.O.O.O.O.O.O.O$.
- **2.2 Evet.** Her iki örnek de $Na_2CO_3 \cdot 10 H_2O$ bileşimine sahiptir.

Hidratın SMILES gösterimi, onu oluşturan iyonları ve su moleküllerini belirtir; bunların kristal örgüdeki düzenini göstermez.

Çözüm

2.1

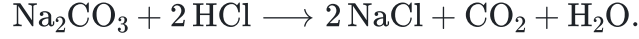
A örneğinin bileşimini $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot x \text{H}_2\text{O}$ olarak yazalım. Verilen atom kütlelerinden

$$\begin{aligned} M(\text{Na}_2\text{CO}_3) &= 2(23) + 12 + 3(16) = 106 \text{ g mol}^{-1}, \\ M(\text{H}_2\text{O}) &= 2(1) + 16 = 18 \text{ g mol}^{-1}. \end{aligned}$$

elde edilir. Dolayısıyla hidratın molar kütlesi

$$M_A = (106 + 18x) \text{ g mol}^{-1}.$$

olur. Karbonat bileşeni, hidroklorik asitle aşağıdaki denkleme göre tepkimeye girer:



Kristal suyu çözeltiye geçer. Açığa çıkan gaz **karbondioksittir** ve bir mol hidrat, bir mol CO_2 oluşturur.

STP koşullarında geleneksel olarak kullanılan molar gaz hacmi, $22.4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$, kullanıldığında,

$$n(\text{CO}_2) = \frac{0.1008 \text{ dm}^3}{22.4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}} = 4.50 \times 10^{-3} \text{ mol}.$$

Dolayısıyla,

$$M_A = \frac{1.287 \text{ g}}{4.50 \times 10^{-3} \text{ mol}} = 286 \text{ g mol}^{-1},$$

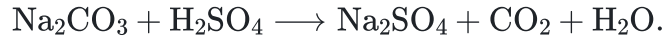
ve

$$106 + 18x = 286 \implies \boxed{x = 10}.$$

Buna göre A örneği $\boxed{\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}}$ bileşiğidir.

2.2

B örneğinin karbonat bileşeni sülfürik asitle tepkimeye girer:



Ardından sülfürik asidin fazlası nötrleştirilir:



Normalite, litre başına tepkimeye giren eşdeğer sayısını ifade eder. Başlangıçtaki asit miktarı, eşdeğer cinsinden,

$$E_{\text{initial}} = (0.2 \text{ eq L}^{-1})(0.050 \text{ L}) = 0.010 \text{ eq}.$$

idi. Titrasyonda harcanan sodyum hidroksit miktarı, kalan asit miktarını verir:

$$E_{\text{excess}} = (0.1 \text{ eq L}^{-1})(0.050 \text{ L}) = 0.0050 \text{ eq}.$$

Böylece B örneğinin tükettiği miktar

$$E_B = 0.010 - 0.0050 = 0.0050 \text{ eq}.$$

olur. Her bir mol sodyum karbonat iki eşdeğer asit tükettiğinden,

$$n_B(\text{Na}_2\text{CO}_3) = \frac{0.0050 \text{ eq}}{2 \text{ eq mol}^{-1}} = 2.5 \times 10^{-3} \text{ mol}.$$

B örneğini $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot y \text{H}_2\text{O}$ olarak yazarsak, molar kütlesi

$$M_B = \frac{0.715 \text{ g}}{2.5 \times 10^{-3} \text{ mol}} = 286 \text{ g mol}^{-1}.$$

olur. Buradan

$$y = \frac{286 - 106}{18} = 10.$$

Dolayısıyla **her iki örnek de aynı bileşime sahiptir:** $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$.

Tepkimelerde yer alan diğer türlerin adları ve SMILES gösterimleri şöyledir:

Tür	Formül	SMILES
Sodyum karbonat	Na_2CO_3	<chem>[Na+].[Na+].[O-]C(=O)[O-]</chem>
Sulu hidroklorik asit olarak kullanılan hidrojen klorür	HCl	<chem>Cl</chem>
Sodyum klorür	NaCl	<chem>[Na+].[Cl-]</chem>
Karbondioksit	CO_2	<chem>O=C=O</chem>
Su	H_2O	<chem>O</chem>
Sülfürik asit	H_2SO_4	<chem>OS(=O)(=O)O</chem>
Sodyum sülfat	Na_2SO_4	<chem>[Na+].[Na+].[O-]S(=O)(=O)[O-]</chem>
Sodyum hidroksit	NaOH	<chem>[Na+].[OH-]</chem>

Çözüm, resmi çözümle karşılaştırılarak kontrol edildi.

Soru 3: Karbonmonoksit ve su buharından oluşan denge karışımı

Karbonmonoksit, hacminin 1.5 katı kadar su buharıyla karıştırılmıştır. Karbonmonoksitin %80'i karbondioksite dönüşürse, denge durumundaki gaz karışımının bileşimi (hem kütlece hem de hacimce %) ne olur?

Soru metni resmi İngilizce metinden çevrilmiştir.

Cevaplar

- Soru 3:** Denge karışımı, kalan su buharı da dahil olmak üzere, aşağıdaki bileşime sahiptir:

Bileşen	Kütlece %	Hacimce %
Karbonmonoksit, CO , <chem>[C-]#[O+]</chem>	10.2	8.0
Su buharı, H_2O , <chem>O</chem>	22.9	28.0
Karbondioksit, CO_2 , <chem>O=C=O</chem>	64.0	32.0
Hidrojen, H_2 , <chem>[H][H]</chem>	2.9	32.0
Toplam	100.0	100.0

Çözüm

Denkleştirilmiş denge tepkimesi şöyledir:



Aynı sıcaklık ve basınçta ideal gazların hacimleri, mol cinsinden madde miktarlarıyla orantılıdır.

Başlangıçtaki su buharı hacmini karbonmonoksit hacminin 1.5 katı alarak, hesaplama temeli olarak şu miktarları seçelim:

$$n_0(\text{CO}) = 1.00 \text{ mol}, \quad n_0(\text{H}_2\text{O}) = 1.50 \text{ mol}.$$

Karbonmonoksitin 80%'i tepkimeye girdiğinden, tüketilen miktar şöyledir:

$$n_{\text{reacted}}(\text{CO}) = 0.80(1.00 \text{ mol}) = 0.80 \text{ mol}.$$

Tepkimede aynı miktarda su tüketilir ve karbondioksit ile hidrojenin her birinden 0.80 mol oluşur.

Sırasıyla 28, 18, 44, 2 g mol⁻¹ olan geleneksel molar kütle değerleri kullanıldığında:

Kimyasal tür	Başlangıç miktarı / mol	Değişim / mol	Dengedeki miktar / mol	Dengedeki kütle / g
CO	1.00	-0.80	0.20	5.60
H ₂ O	1.50	-0.80	0.70	12.60
CO ₂	0	+0.80	0.80	35.20
H ₂	0	+0.80	0.80	1.60
Toplam	2.50	0	2.50	55.00

Kütle yüzdeleri şu bağıntıdan hesaplanır:

$$\text{Kütle yüzdesi, } i = \frac{m_i}{55.00 \text{ g}} \times 100\%.$$

Böylece, CO, H₂O, CO₂, H₂ sırasıyla,

$$\frac{(5.60, 12.60, 35.20, 1.60)}{55.00} \times 100\% \approx (10.2, 22.9, 64.0, 2.9)\%.$$

Hacim yüzdeleri, mol yüzdelerine eşittir:

$$\text{Hacim yüzdesi, } i = \frac{n_i}{2.50 \text{ mol}} \times 100\%.$$

Dolayısıyla, aynı sırayla,

$$\frac{(0.20, 0.70, 0.80, 0.80)}{2.50} \times 100\% = (8.0, 28.0, 32.0, 32.0)\%.$$

Çözüm, resmi çözümle karşılaştırılarak kontrol edildi.

Soru 4: Rubidyumun başka bir alkali metalle alaşımı

Bir alaşım, rubidyum ve diğer alkali metallerden birinden oluşmaktadır. Alaşımdan alınan 4.6 g'lık bir örnek suyla tepkimeye sokulduğunda, standart sıcaklık ve basınçta (STP) 2.241 dm³ hidrojen açığa çıkar.

Sorular:

4.1 Alaşımın bileşeni olan diğer alkali metal hangisidir?

4.2 Alaşımın kütlece yüzde bileşimi nedir?

Bağıl atom kütleleri:

$$A_r(\text{Li}) = 7; \quad A_r(\text{Na}) = 23; \quad A_r(\text{K}) = 39; \quad A_r(\text{Rb}) = 85.5; \quad A_r(\text{Cs}) = 133$$

Soru metni resmi İngilizce metinden çevrilmiştir.

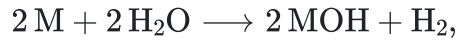
Cevaplar

- 4.1: Lityum, Li.
- 4.2: Kütlece yaklaşık %24.2 lityum ve %75.8 rubidyum.

Çözüm

4.1 — İkinci metalin belirlenmesi

Tüm alkali metaller suyla aşağıdaki denkleme göre tepkimeye girer:



burada M bir alkali metali temsil eder. Dolayısıyla, iki mol metal atomu bir mol hidrojen oluşturur.

STP koşullarında yaygın olarak kullanılan molar hacim $V_m \approx 22.4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}$ alınırsa,

$$n(\text{H}_2) = \frac{2.241 \text{ dm}^3}{22.4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1}} = 0.10004 \text{ mol}.$$

Buna göre metallerin toplam madde miktarı

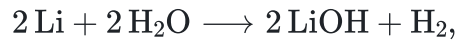
$$n_{\text{metaller}} = 2n(\text{H}_2) = 0.20009 \text{ mol}.$$

Alaşımındaki metal atomlarının ortalama molar kütlesi

$$\overline{M} = \frac{4.6 \text{ g}}{0.20009 \text{ mol}} \approx 22.99 \text{ g mol}^{-1}.$$

Bu değer, iki metalin molar kütlelerinin mol miktarlarına göre ağırlıklandırılmış ortalamasıdır. Rubidyumun molar kütlesi 85.5 g mol^{-1} olduğundan, diğer metalin molar kütlesi 22.99 g mol^{-1} değerinin **altında** olmalıdır. Verilen alkali metaller arasında bu koşulu yalnızca $M = 7 \text{ g mol}^{-1}$ molar kütesine sahip **lityum** sağlar.

Tepkimeler şöyledir:



Moleküler türler su O ve hidrojenidir $[\text{H}] [\text{H}]$. Ürünler, suda iyonlarına ayrılmış hâlde bulunan lityum hidroksit $[\text{Li}^+] \cdot [\text{OH}^-]$ ve rubidyum hidroksittir $[\text{Rb}^+] \cdot [\text{OH}^-]$.

4.2 — Kütlece bileşim

Lityumun kütlesi x olsun. Rubidyumun kütlesi $4.6 \text{ g} - x$ olur. Metallerin toplam madde miktarından aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$\frac{x}{7 \text{ g mol}^{-1}} + \frac{4.6 \text{ g} - x}{85.5 \text{ g mol}^{-1}} = 0.200089 \text{ mol.}$$

Yuvarlama hatasını önlemek için ek basamaklar korunarak çözüldüğünde,

$$m(\text{Li}) = 1.11533 \text{ g}, \quad m(\text{Rb}) = 3.48467 \text{ g.}$$

Böylece kütlece yüzdeler şöyledir:

$$w(\text{Li}) = \frac{1.11533}{4.6} \times 100\% \approx \boxed{24.2\%},$$

$$w(\text{Rb}) = \frac{3.48467}{4.6} \times 100\% \approx \boxed{75.8\%}.$$

Çözüm, resmi çözümle karşılaştırılarak kontrol edildi.

Soru 5: Bakır(II) sülfat pentahidratın kristallenmesi

20 g bakır(II) oksit, bakır(II) sülfat çözeltisi elde etmek üzere stokiyometrik miktarda ılık %20'lik sülfürik asit çözeltisiyle tepkimeye sokulmuştur.

Soru:

Çözelti 20 °C'ye soğutulduğunda kaç gram kristal bakır(II) sülfat ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$) kristallenmiş olur?

Bağıl atom kütleleri: $A_r(\text{Cu}) = 63.5$; $A_r(\text{S}) = 32$; $A_r(\text{O}) = 16$; $A_r(\text{H}) = 1$

CuSO_4 'ın 20 °C'deki çözünürlüğü: 100 g H_2O içinde $s = 20.9 \text{ g CuSO}_4$.

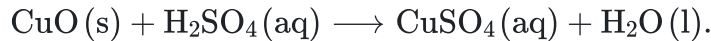
Soru metni resmi İngilizce metinden çevrilmiştir.

Cevaplar

- **Soru 5:** $\boxed{32.9 \text{ g}}$ bakır(II) sülfat pentahidrat, $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, kristallenir. SMILES: $[\text{Cu}+2] \cdot [\text{O}-]\text{S}(=\text{O})(=\text{O})[\text{O}-] \cdot \text{O} \cdot \text{O} \cdot \text{O} \cdot \text{O} \cdot \text{O}$.

Çözüm

Bakır(II) oksit ($[\text{Cu}+2] \cdot [\text{O}-2]$), sülfürik asitle ($\text{OS}(=\text{O})(=\text{O})\text{O}$) tepkimeye girerek bakır(II) sülfat ($[\text{Cu}+2] \cdot [\text{O}-]\text{S}(=\text{O})(=\text{O})[\text{O}-]$) ve su (O) oluşturur:



İyonik bileşiklerin SMILES gösterimleri formül birimi bileşimlerini belirtir; kristal örgülerini veya koordinasyon geometrilerini kodlamaz.

Verilen atom kütleleri kullanıldığında molar kütleler şöyledir:

$$\begin{aligned}
 M(\text{CuO}) &= 79.5 \text{ g mol}^{-1}, \\
 M(\text{H}_2\text{SO}_4) &= 98 \text{ g mol}^{-1}, \\
 M(\text{H}_2\text{O}) &= 18 \text{ g mol}^{-1}, \\
 M(\text{CuSO}_4) &= 159.5 \text{ g mol}^{-1}, \\
 M(\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}) &= 159.5 + 5(18) = 249.5 \text{ g mol}^{-1}.
 \end{aligned}$$

Bakır(II) oksidin madde miktarı şöyledir:

$$n = \frac{20 \text{ g}}{79.5 \text{ g mol}^{-1}} = 0.251572 \text{ mol}.$$

Tepkimedeki aynı madde miktarında sülfürik asit tüketilir ve hem bakır(II) sülfat hem de su bu madde miktarında oluşur. Dolayısıyla,

$$\begin{aligned}
 m(\text{H}_2\text{SO}_4) &= 0.251572(98) = 24.6541 \text{ g}, \\
 m(\text{CuSO}_4) &= 0.251572(159.5) = 40.1258 \text{ g}, \\
 m(\text{tepkime suyu}) &= 0.251572(18) = 4.52830 \text{ g}.
 \end{aligned}$$

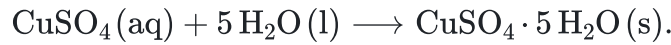
Asit çözeltisi kütlece %20 sülfürik asit içerdiğinden kütlesi şöyledir:

$$m(\text{asit çözeltisi}) = \frac{24.6541}{0.20} = 123.2704 \text{ g}.$$

Tepkime sonrasında bulunan toplam su, hem asitle birlikte gelen suyu hem de oluşan suyu içerir:

$$m_{\text{water},0} = 0.80(123.2704) + 4.52830 = 103.1447 \text{ g}.$$

Soğutma sırasında pentahidrat kristalleri oluşur:



Kristallenme, çözeltiden hem çözünmüş tuzu hem de suyu uzaklaştırır. Pentahidrat kristallerinin kütlesi x olsun. Bu kristaller aşağıdaki miktarlarda tuz ve su içerir:

$$\frac{159.5}{249.5}x \text{ miktarında CuSO}_4, \quad \frac{90}{249.5}x \text{ miktarında H}_2\text{O}.$$

Geriye kalan çözelti 20 °C'de doymuştur; dolayısıyla

$$\frac{40.1258 \text{ g} - \frac{159.5}{249.5}x}{103.1447 \text{ g} - \frac{90}{249.5}x} = \frac{20.9}{100}.$$

Böylece,

$$x = \frac{40.1258 - 0.209(103.1447)}{\frac{159.5}{249.5} - 0.209 \frac{90}{249.5}} \text{ g} = 32.9295 \text{ g}.$$

Sonuç olarak kristallenen maddenin kütlesi şöyledir:

$$\boxed{m(\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}) = 32.9 \text{ g}}.$$

Çözüm, resmi çözümle karşılaştırılarak kontrol edildi.

Soru 6: Aynı metalin iki oksidi

Bir metalin oksidi kütlege % 22.55 oksijen içerir. Aynı metalin başka bir oksidi kütlege % 50.48 oksijen içerir.

Soru:

1. Metalin bağıl atom kütlesi nedir?

Soru metni resmi İngilizce metinden çevrilmiştir.

Cevaplar

1. Bağıl atom kütlesi yaklaşık **55**'tir ($A_r \approx 54.94$). Metal, **mangan**, Mn'dir. Bağıl atom kütlesi boyutsuzdur.

Çözüm

1.

Metalin bağıl atom kütlesi A , iki oksitteki yükseltgenme basamakları ise n_1 ve n_2 olsun. $A_r(\text{O}) = 16.00$ alındığında, oksijenin yükseltgenme basamağının -2 olması şu bağıntıyı verir:

$$\frac{m(\text{oksijen})}{m(\text{metal})} = \frac{8n}{A}.$$

Dolayısıyla oksijenin metale kütle oranları şöyledir:

$$\frac{8n_1}{A} = \frac{22.55}{77.45}, \quad \frac{8n_2}{A} = \frac{50.48}{49.52}.$$

İkinci bağıntı birinciye bölündüğünde A elenir:

$$\frac{n_2}{n_1} = \frac{50.48/49.52}{22.55/77.45} = 3.50117 \approx \frac{7}{2}.$$

Bu oranla uyumlu en küçük tam sayılı yükseltgenme basamakları $+2$ ve $+7$ 'dir. Aynı oranı sağlayan daha büyük sayı çiftleri, bu sıradan metal oksitleri için kimyasal açıdan makul olmayan yükseltgenme basamakları gerektirir. Dolayısıyla formüller MO ve M_2O_7 'dir.

Birinci oksitten,

$$\frac{16.00}{A + 16.00} = 0.2255,$$

dolayısıyla

$$A = 16.00 \frac{77.45}{22.55} = 54.95.$$

Bağımsız olarak, ikinci oksitten

$$\frac{7(16.00)}{2A + 7(16.00)} = 0.5048,$$

dolayısıyla

$$A = \frac{7(16.00)}{2} \frac{49.52}{50.48} = 54.94.$$

Bu sonuçlar, verilen yüzdelerin yuvarlanma hassasiyeti içinde birbiriyle uyumludur ve metalin **mangan** olduğunu gösterir; bağıl atom kütlesi şöyledir:

$$A_r(\text{Mn}) \approx 54.94 \approx 55.$$

Oksitler şunlardır:

- **Mangan(II) oksit**, MnO : iyonik formül biriminin SMILES gösterimi $[\text{Mn}^{+2}] \cdot [\text{O}^{2-}]$. Katı, geniş bir iyonik örgü oluşturur; bu gösterim tekil bir molekülü temsil etmez.
- **Mangan(VII) oksit**, Mn_2O_7 : SMILES gösterimi $\text{O}=[\text{Mn}](=\text{O})(=\text{O})\text{O}[\text{Mn}](=\text{O})(=\text{O})=\text{O}$. Bir köprü oksijen atomu, yaklaşık tetrahedral koordinasyona sahip iki mangan merkezini birbirine bağlar.

Kontrol amacıyla, $A = 54.94$ alındığında oksijen içerikleri 22.5543% ve 50.4777% olarak bulunur; bunlar yuvarlandığında verilen değerler elde edilir.

Çözüm, resmi çözümle karşılaştırılarak kontrol edildi.