

IChO 1968

Teorik sorular ve çözümler · Prag, Çekoslovakya · 4 teori sorusu, tam çözümleriyle

eulersolve.org/icho/1968/

Soru 1: Işınlanan bir hidrojen-klor karışımının bileşimi

Kapalı bir balonda sabit sıcaklıkta tutulan bir hidrojen ve klor karışımı, saçılmış ışıqla ışınladı. Belirli bir süre sonra klor miktarı başlangıç karışımındakine göre %20 azaldı ve oluşan karışımın bileşimi şöyle oldu: hacimce %60 klor, hacimce %10 hidrojen ve hacimce %30 hidrojen klorür.

Sorular:

1.1 Başlangıçtaki gaz karışımının bileşimi nedir?

1.2 Klor, hidrojen ve hidrojen klorür nasıl üretilir?

Soru metni resmi İngilizce metinden çevrilmiştir.

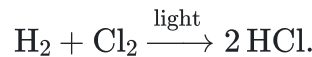
Cevaplar

- 1.1** Başlangıç karışımı **hacimce %75 klor**, Cl_2 , ClCl , ve **hacimce %25 hidrojen**, H_2 , $[\text{H}]$, içeriyordu.
- 1.2** Başlıca elde etme yöntemlerine örnekler şunlardır:
- Klor:** derişik hidroklorik asidin mangan(IV) oksitle yükseltgenmesi; endüstride, tuzlu suyun elektrolizi.
- Hidrojen:** çinkonun seyreltik hidroklorik asitle tepkimesi; endüstride, buhar reformlmasının ardından su-gaz kaydırma tepkimesi veya tuzlu suyun elektrolizinde eş ürün olarak elde edilmesi.
- Hidrojen klorür**, HCl , $[\text{H}]\text{Cl}$: sodyum klorürün derişik sülfürik asitle tepkimesi; endüstride, hidrojen ile klorun doğrudan birleşmesi.

Çözüm

1.1 Başlangıç bileşimi

Işık etkisiyle gerçekleşen tepkime şöyledir:



Aynı sıcaklık ve basınçtaki gazların hacim kesirleri mol kesirlerine eşittir. Tepkimede oluşan her iki mol gaz ürün için iki mol gaz reaktan tüketildiğinden toplam gaz miktarı değişmez.

Hesaplama için **son karışımın 100 molünü** esas alalım:

$$n(\text{Cl}_2) = 60 \text{ mol}, \quad n(\text{H}_2) = 10 \text{ mol}, \quad n(\text{HCl}) = 30 \text{ mol}.$$

Başlangıç karışımı yalnızca hidrojen ve klor içeriyordu. Dolayısıyla 30 mol hidrojen klorür oluşurken tüketilen miktarlar şöyledir:

$$n_{\text{tüketilen}}(\text{H}_2) = n_{\text{tüketilen}}(\text{Cl}_2) = \frac{30}{2} = 15 \text{ mol.}$$

Madde denklığı şöyledir:

Gaz	Başlangıç miktarı	Değişim	Son miktar
Cl ₂	75 mol	−15 mol	60 mol
H ₂	25 mol	−15 mol	10 mol
HCl	0 mol	+30 mol	30 mol
Toplam	100 mol	0 mol	100 mol

Böylece,

Başlangıç karışımı: 75 hacim % Cl₂ ve 25 hacim % H₂.

Klor miktarındaki bağıl azalma

$$\frac{75 - 60}{75} \times 100\% = 20\%,$$

olup verilen azalmayla uyumludur.

1.2 Gazların elde edilmesi

Soruda üretim ölçeği belirtilmediğinden laboratuvar ve endüstri yöntemlerinden başlıca örnekler verilmiştir.

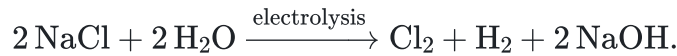
Klor

Laboratuvarda mangan(IV) oksidin derişik hidroklorik asitle ısıtılmasıyla klor elde edilir:



Manganın yükseltgenme basamağı +4'ten +2'ye düşerken mangan indirgenir; klorun yükseltgenme basamağı ise −1'den 0'a çıkarken klor yükseltgenir.

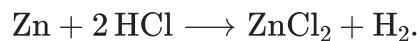
Endüstride, derişik sulu sodyum klorür çözeltisi, yani tuzlu su, elektroliz edilir:



Anotta klor, katotta hidrojen oluşur. Gazların toplanabilmesi ve birbirleriyle ya da sodyum hidroksit çözeltisiyle tepkimeye girmelerinin önlenmesi için elektrot ürünleri birbirinden ayrı tutulur.

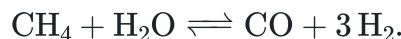
Hidrojen

Laboratuvarda çinko, seyreltik hidroklorik asitle tepkimeye girer:



Çinko 0'dan +2'ye yükseltgenir ve hidrojen +1'den 0'a indirgenir.

Hidrojen, yukarıda gösterildiği gibi, endüstride tuzlu suyun elektrolizinde katot ürünü olarak da elde edilir. Bir diğer önemli yöntem, metanın yüksek sıcaklıkta su buharıyla katalitik tepkimesidir:



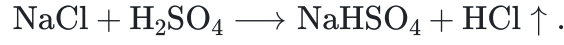
Ardından karbon monoksit, su-gaz kaydırma tepkimesinde ilave su buharıyla tepkimeye sokulur:



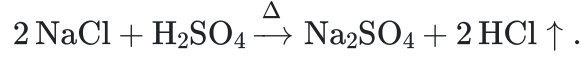
Karbon dioksit ve diğer safsızlıklar uzaklaştırıldıktan sonra hidrojen elde edilir.

Hidrojen klorür

Laboratuvarda sodyum klorürün derişik sülfürik asitle hafifçe ısıtılmasıyla hidrojen klorür gazı elde edilir:

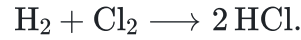


Daha kuvvetli ısıtma uygulandığında ve yeterli sodyum klorür bulunduğunda toplam tepkime şöyledir:



Sülfürik asidin uçuculuğunun düşük olması, uçucu hidrojen klorürün karışımdan uzaklaştırılmasını sağlar.

Endüstride hidrojen klorür, hidrojen ile klorun kontrollü olarak doğrudan birleştirilmesiyle üretilir:



Oluşan hidrojen klorür gazının suda soğurulmasıyla hidroklorik asit elde edilir.

Yukarıda kullanılan diğer maddelerin adları ve SMILES gösterimleri

Tuzlar ve sürekli örgü yapısına sahip katılar için aşağıdaki noktayla ayrılmış gösterimler, biçimsel iyonik formül birimi bileşimlerini verir; tek bir molekülü, kristal örgüsünü veya solvatasyonu betimlemez.

Formül	Adı	SMILES
H ₂ O	Su	O
MnO ₂	Mangan(IV) oksit	[Mn+4].[O-2].[O-2]
MnCl ₂	Mangan(II) klorür	[Mn+2].[Cl-].[Cl-]
NaCl	Sodyum klorür	[Na+].[Cl-]
NaOH	Sodyum hidroksit	[Na+].[OH-]
ZnCl ₂	Çinko klorür	[Zn+2].[Cl-].[Cl-]
CH ₄	Metan	C
CO	Karbon monoksit	[C-]#[O+]
CO ₂	Karbon dioksit	O=C=O
H ₂ SO ₄	Sülfürik asit	OS(=O)(=O)O
NaHSO ₄	Sodyum hidrojen sülfat	[Na+].OS(=O)(=O)[O-]
Na ₂ SO ₄	Sodyum sülfat	[Na+].[Na+].[O-]S(=O)(=O)[O-]

Çinko, Zn, metalik bir katıdır; [Zn], çinkonun metalik örgüsünü değil, tek bir çinko atomunu temsil eder.

Çözüm, resmi çözümle karşılaştırılarak kontrol edildi.

Soru 2: Üç redoks tepkimesinin denklemleri

Aşağıdaki tepkimelerin denklemlerini yazınız:

2.1 Krom(III) klorürün bazik çözeltide (KOH) brom ile yükseltgenmesi.

2.2 Potasyum nitritin asidik çözeltide (H₂SO₄) potasyum permanganat ile yükseltgenmesi.

2.3 Soğuk bir tepkime karışımında klorun kireç suyuna (Ca(OH)₂) etkisi.

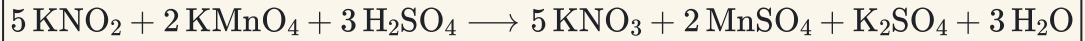
Soru metni resmi İngilizce metinden çevrilmiştir.

Cevaplar

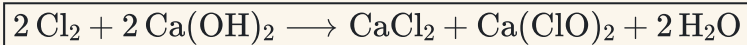
• 2.1



• 2.2



• 2.3



Çözüm

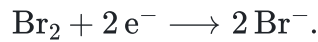
2.1

Brom, kromu +3 yükseltgenme basamağından +6 yükseltgenme basamağına yükseltir. Bazik çözeltide oluşan krom(VI) türü **kromat**, CrO_4^{2-} , iyonudur. Brom, 0 yükseltgenme basamağından -1 yükseltgenme basamağına indirgenerek **bromür**, Br^- , iyonunu oluşturur.

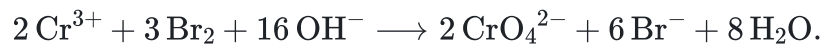
Bazik çözeltideki yarı tepkimeler şunlardır:



ve



Birinci yarı tepkimeyi 2, ikinciye 3 ile çarpmak, altı elektronun aktarımını dengeler:



Potasyum ve klorür seyirci iyonları yeniden eklendiğinde 2.1'deki moleküler denklem elde edilir. Oluşan tuzlar potasyum kromat, potasyum bromür ve potasyum klorürdür.

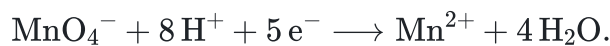
2.2

Azot, **nitrit**, NO_2^- , iyonundaki +3 yükseltgenme basamağından **nitrat**, NO_3^- , iyonundaki +5 yükseltgenme basamağına yükseltir ve azot atomu başına iki elektron verir. Mangan, **permanganat**, MnO_4^- , iyonundaki +7 yükseltgenme basamağından asidik çözeltide +2 yükseltgenme basamağına indirgenir ve mangan atomu başına beş elektron alır.

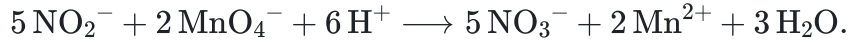
Yarı tepkimeler şunlardır:



ve



Birinci yarı tepkime 5, ikinci yarı tepkime 2 ile çarpılıp elektronlar, su ve hidrojen iyonları sadeleştirildiğinde şu denklem elde edilir:



Altı hidrojen iyonu için üç formül birimi sülfürik asit gerekir. Potasyum ve sülfat iyonları yeniden eklendiğinde, tuz ürünleri potasyum nitrat, mangan(II) sülfat ve potasyum sülfat olan **2.2'**deki denklem elde edilir.

2.3

Soğuk ve bazik bir karışımda klor **disproporsiyonlaşmaya** uğrar:

- Bir klor atomu 0 yükseltgenme basamağından -1 yükseltgenme basamağına indirgenerek klorür oluşturur.
- Diğeri 0 yükseltgenme basamağından $+1$ yükseltgenme basamağına yükseltgenerek **hipoklorit**, ClO^- , oluşturur.

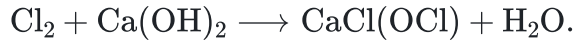
Böylece klorür ve hipoklorit eşit miktarlarda oluşur. Oksijen ve hidrojen, hidroksit ve su kullanılarak denkleştirildiğinde şu denklem elde edilir:



Kalsiyum $+2$ yükseltgenme basamağında kalır. Hidroksit kaynağı olarak kalsiyum hidroksit kullanıldığında kalsiyum klorür ve kalsiyum hipoklorit oluşur:



Aynı stokiyometri, biçimsel karma tuz gösterimi kullanılarak şöyle yazılabilir:



Burada kalsiyum klorür hipoklorit, $\text{CaCl}(\text{OCl})$, $[\text{Ca}+2] \cdot [\text{Cl}-] \cdot [\text{O}-]\text{Cl}$, sulu çözeltideki ürünlerin kalsiyum, klorür ve hipoklorit bileşimini ifade eder.

Adlar ve SMILES

Bu denklemlerdeki tuzlar iyonlardan oluşur; bileşen iyonların SMILES gösterimleri aşağıda verilmiş olup bu iyonların oranları kimyasal formüllerle belirtilmiştir.

Molekül veya iyon	SMILES
Brom, Br_2	BrBr
Klor, Cl_2	ClCl
Su, H_2O	O
Sülfürik asit, H_2SO_4	$\text{OS}(=\text{O})(=\text{O})\text{O}$
Hidrojen iyonu, H^+	$[\text{H}+]$
Hidroksit iyonu, OH^-	$[\text{OH}-]$
Potasyum iyonu, K^+	$[\text{K}+]$
Kalsiyum iyonu, Ca^{2+}	$[\text{Ca}+2]$
Krom(III) iyonu, Cr^{3+}	$[\text{Cr}+3]$
Mangan(II) iyonu, Mn^{2+}	$[\text{Mn}+2]$
Klorür iyonu, Cl^-	$[\text{Cl}-]$
Bromür iyonu, Br^-	$[\text{Br}-]$
Kromat iyonu, CrO_4^{2-}	$[\text{O}-][\text{Cr}](=\text{O})(=\text{O})[\text{O}-]$

Molekül veya iyon	SMILES
Nitrit iyonu, NO_2^-	[O-]N=O
Nitrat iyonu, NO_3^-	[O-][N+](=O)[O-]
Permanganat iyonu, MnO_4^-	[O-][Mn](=O)(=O)=O
Sülfat iyonu, SO_4^{2-}	[O-]S(=O)(=O)[O-]
Hipoklorit iyonu, ClO^-	[O-]Cl

Bu SMILES gösterimleri solvatasyonu veya iyonik kristal yapılarını belirtmez. Kromat, permanganat ve sülfatta oksijen atomları merkez atomun çevresinde tetrahedral bir düzende bulunur; nitrat üçgen düzlemsel, nitrit ise açısall yapıdadır. Oksoanyonların SMILES gösterimleri, bağların ve yükün tek bir yerleşimini değil, temsili rezonans yapılarını gösterir.

Çözüm, resmi çözümle karşılaştırılarak kontrol edildi.

Soru 3: Yüksek fırın gazının yanması

Bir yüksek fırından çıkan gazın bileşimi aşağıdaki gibidir:

Hacimce % 12.0 CO_2	Hacimce % 28.0 CO
Hacimce % 3.0 H_2	Hacimce % 0.6 CH_4
Hacimce % 0.2 C_2H_4	Hacimce % 56.2 N_2

Sorular:

3.1 Yukarıdaki gazın 200 m^3 hacmindeki miktarının tam yanması için gerekli teorik hava tüketimini (m^3 cinsinden), gaz ve havanın aynı sıcaklıkta ölçüldüğü durumda hesaplayınız. (Havanın oksijen içeriği hacimce yaklaşık % 20'dir).

3.2 Gaz % 20 fazla hava ile yakıldığında yanma ürünlerinin bileşimini belirleyiniz.

Soru metni resmi İngilizce metinden çevrilmiştir.

Cevaplar

- 3.1:** Teorik hava gereksinimi 173 m^3 olur.
- 3.2:** %20 fazla hava kullanıldığında ürün bileşimleri yaklaşık olarak şöyledir:

Ürün: adı, formülü, SMILES	Yaş bazda (hacimce %)	Kuru bazda (hacimce %)
Karbon dioksit, CO_2 , $\text{O}=\text{C}=\text{O}$	21.8	22.3
Su, H_2O , o	2.4	Uzaklaştırılmış
Oksijen, O_2 , $\text{O}=\text{O}$	1.8	1.9
Azot, N_2 , $\text{N}\equiv\text{N}$	74.0	75.8

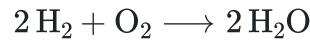
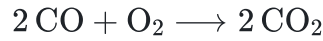
Yaş bazdaki bileşim, suyun tamamının buhar hâlinde kaldığı varsayımına dayanır; kuru bazdaki bileşim suyu içermez.

Çözüm

3.1

Aynı sıcaklık ve basınçta ideal gazların hacimleri, mol cinsinden madde miktarlarıyla orantılıdır. Bu nedenle, denkleştirilmiş tepkime denklemleri tepkimeye giren gazların hacim oranlarını da verir.

Yanıcı bileşenler karbon monoksit (CO , $[\text{C-}]\#[\text{O+}]$), hidrojen (H_2 , $[\text{H}][\text{H}]$), metan (CH_4 , C) ve etendir (C_2H_4 , $\text{C}=\text{C}$). Bunların tam yanma tepkimeleri şöyledir:



Gazda başlangıçta bulunan karbon dioksit oksijen gerektirmez ve azot inert kabul edilir.

200 m³ yüksek fırın gazı için:

Yanıcı gaz	Başlangıç hacmi (m ³)	Birim gaz hacmi başına gereken oksijen	Gereken oksijen (m ³)
CO	200(0.280) = 56.0	1/2	28.0
H ₂	200(0.030) = 6.0	1/2	3.0
CH ₄	200(0.006) = 1.2	2	2.4
C ₂ H ₄	200(0.002) = 0.4	3	1.2

Dolayısıyla,

$$V_{\text{O}_2, \text{required}} = 28.0 + 3.0 + 2.4 + 1.2 = 34.6 \text{ m}^3.$$

Hava hacimce %20 oksijen içerdiğinden,

$$V_{\text{air, theoretical}} = \frac{34.6}{0.20} = 173 \text{ m}^3.$$

3.2

%20 fazla hava, teorik hava gereksiniminin 1.20 katının verilmesi anlamına gelir:

$$V_{\text{air, supplied}} = 1.20(173) = 207.6 \text{ m}^3.$$

Havanın kalan %80'ini azot kabul edersek, bu hava ile sağlanan miktarlar şöyledir:

$$V_{\text{O}_2, \text{supplied}} = 0.20(207.6) = 41.52 \text{ m}^3,$$

$$V_{\text{N}_2, \text{air}} = 0.80(207.6) = 166.08 \text{ m}^3.$$

Aşağıdaki tüm ürün hacimleri, su buhar hâlinde kabul edilerek aynı referans sıcaklık ve basıncında ifade edilmiştir.

Karbon dioksit, başlangıçta bulunan karbon dioksit ile karbon monoksit, metan ve etenden oluşan karbon dioksitin toplamından oluşur:

$$V_{\text{CO}_2} = 200(0.120) + 56.0 + 1.2 + 2(0.4) \\ = \boxed{82.0 \text{ m}^3}.$$

Su, hidrojen, metan ve etenden oluşur:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 6.0 + 2(1.2) + 2(0.4) = \boxed{9.2 \text{ m}^3}.$$

Tüketilmeden kalan oksijen miktarı şöyledir:

$$V_{\text{O}_2} = 41.52 - 34.6 = \boxed{6.92 \text{ m}^3}.$$

Azot hem yakıt gazından hem de verilen havadan gelir:

$$V_{\text{N}_2} = 200(0.562) + 166.08 = \boxed{278.48 \text{ m}^3}.$$

Böylece, yaş bazda toplam ürün hacmi şöyledir:

$$V_{\text{wet}} = 82.0 + 9.2 + 6.92 + 278.48 = 376.6 \text{ m}^3.$$

Yaş bazdaki her bir hacim yüzdesi aşağıdaki bağıntıdan hesaplanır:

$$\text{Hacim yüzdesi, tür } i = \frac{V_i}{376.6 \text{ m}^3} \times 100\%.$$

Örneğin,

$$\text{Yaş bazda CO}_2 \text{ yüzdesi} = \frac{82.0}{376.6} \times 100\% \approx 21.8\%.$$

Kuru bazdaki bileşim için suyu hariç tutarız:

$$V_{\text{dry}} = 376.6 - 9.2 = 367.4 \text{ m}^3.$$

Karbon dioksit, oksijen ve azot hacimlerinin 367.4 m^3 değerine bölünmesiyle yukarıda belirtilen kuru bazdaki yüzdeler elde edilir.

Çözüm, resmi çözümle karşılaştırılarak kontrol edildi.

Soru 4: Titrasyon ve buhar yoğunluğundan bir organik asidin belirlenmesi

Buharı gaz hâlindeki hidrojenden otuz kat daha yoğun olan bir organik asidin 0.19 g miktarının nötralleştirilmesi için 0.1 normal NaOH çözeltisinden 31.7 cm^3 hacim gereklidir.

Soru:

4.1 Asidin adını ve yapı formülünü veriniz.

(Söz konusu asit, yaygın bir organik asittir.)

Soru metni resmi İngilizce metinden çevrilmiştir.

Cevaplar

- **4.1 Asetik asit (etanoik asit)**, yapı formülü $\text{CH}_3\text{--C(=O)--OH}$; SMILES: CC(=O)O.

Çözüm

4.1

Aynı sıcaklık ve basınçta gazların yoğunlukları molar kütleleriyle orantılıdır. Gaz hâlindeki hidrojenin, H_2 , SMILES [H][H], molar kütlesi yaklaşık 2 g mol^{-1} değerindedir. Dolayısıyla asidin molar kütlesi

$$M_{\text{asit}} = 30M_{\text{H}_2} \approx 30 \times 2 = 60 \text{ g mol}^{-1}.$$

Kullanılan baz miktarının eşdeğer cinsinden ifadesi

$$n_{\text{eq}} = NV = (0.1 \text{ eq L}^{-1}) (31.7 \times 10^{-3} \text{ L}) = 3.17 \times 10^{-3} \text{ eq}.$$

Buna göre asidin eşdeğer kütlesi

$$E = \frac{0.19 \text{ g}}{3.17 \times 10^{-3} \text{ eq}} \approx 59.9 \text{ g eq}^{-1}.$$

Dolayısıyla molekül başına nötralleştirilebilir proton sayısı

$$z = \frac{M_{\text{asit}}}{E} \approx \frac{60}{59.9} \approx 1.$$

Tam sayıdan bu küçük sapma, verilen verilerin yuvarlanmasından kaynaklanır. Dolayısıyla asit **monoprotiktir**.

Bu koşulları sağlayan yaygın organik asit **asetik asittir (etanoik asit)**, SMILES CC(=O)O. Molekül formülü $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ olduğundan

$$M = (2 \times 12 + 4 \times 1 + 2 \times 16) \text{ g mol}^{-1} = 60 \text{ g mol}^{-1}.$$

Yapı formülü $\text{CH}_3\text{--C(=O)--OH}$ şeklindedir: bir karboksil grubuna bağlı bir metil grubu. Karboksil protonu aşağıdaki tepkimeye göre nötralleştirilir:



Burada sodyum hidroksit [Na+].[OH-], sodyum asetat CC(=O)[O-].[Na+] ve su O ile gösterilir. Bu tepkime, gerekli 1 : 1 asit-baz stokiyometrisini doğrular.

Çözüm, resmi çözümle karşılaştırılarak kontrol edildi.