



Ders 3 • Elektrot Potansiyelleri ve İstemlilik

Öğretmen çözüm föyü • 12. sınıf 1. Dönem 1. Ortak Yazılıya hazırlık • Kimya ve Elektrik • sadqimya.academy

A videosu konu özetini ve ilk soru takımını içerir. B videosundaki sorular aynı kazanımı aynı maddelerle ve aynı puanla ölçen ikizlerdir. Her videonun sonundaki AYT köşesi sorusu, aynı konunun 2018–2024 AYT'de sorulan kalıbında yazılmıştır. Puanlama ilkesi: Önceki adımdaki hatayı tutarlı biçimde taşıyan öğrenciye izleyen adımın puanı verilir; gerekçesiz cevap puanın yarısını alır.

Konu özeti

1/4 Standart hidrojen elektrodu: potansiyellerin başlangıç noktası

Neden önemli? Tek bir yarı hücrenin potansiyeli ölçülemez; E° değerleri 0,00 V kabul edilen hidrojen elektroduna göre verilir.

Standart koşullar: 1 M, 1 atm, 25 °C

- Standart hidrojen elektrodu: 1 M H^+ çözeltisinde, 1 atm H_2 gazı değen platin elektrot.
- E° , yarı hücrenin standart koşullardaki indirgenme potansiyelidir. Elektron metalden hidrojene akıyorsa E° eksi, tersiyse artıdır.
- Yükseltgenme potansiyeli indirgenmenin ters işaretlisidir: $E^\circ_{\text{yükseltgenme}} = -E^\circ_{\text{indirgenme}}$

$E^\circ_{\text{indirgenme}}$ küçüldükçe metal daha aktiftir; E° 'si sıfırdan küçük olan metal asitten H_2 çıkarır.

25 °C'de E° (V)

İndirgenme yarı tepkimesi	E°
$Li^+ + e^- \rightarrow Li$	-3,05
$Mg^{2+} + 2e^- \rightarrow Mg$	-2,37
$Al^{3+} + 3e^- \rightarrow Al$	-1,66
$Zn^{2+} + 2e^- \rightarrow Zn$	-0,76
$Fe^{2+} + 2e^- \rightarrow Fe$	-0,44
$Ni^{2+} + 2e^- \rightarrow Ni$	-0,25
$Pb^{2+} + 2e^- \rightarrow Pb$	-0,13
$2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2$	0,00
$Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$	+0,34
$Ag^+ + e^- \rightarrow Ag$	+0,80
$Cl_2 + 2e^- \rightarrow 2Cl^-$	+1,36

Yazılıda: tabloda aşağı indikçe E° büyür, metal soylar; aktiflik sorusunu buradan yanıtla.

2/4 E° ile tepkimenin istemli olup olmadığını bulma

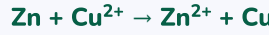
Neden önemli? Tepkimenin istemli olup olmadığını, yani pilin çalışıp çalışmayacağını hücre potansiyelinin işaretinden anlarız.

Hesap kalıbı

$$E^\circ_{\text{hücre}} = E^\circ_{\text{yükseltgenme}}(\text{anot}) + E^\circ_{\text{indirgenme}}(\text{katot})$$

- Anottaki tepkimeyi yükseltgenme yaz, yalnız onun işaretini çevir; katottaki değeri olduğu gibi al.
- $E^\circ_{\text{hücre}} > 0$ ise tepkime istemlidir (pil çalışır); < 0 ise istemsizdir.
- Tepkimeyi bir sayıyla çarparsan E° değişmez; tersine çevirsen işareti değişir.

Örnek



Anot: $Zn \rightarrow Zn^{2+} + 2e^-$ (+0,76 V). Katot: $Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$ (+0,34 V).

$$E^\circ_{\text{hücre}} = 0,76 + 0,34 = +1,10 \text{ V, istemli.}$$



$E^\circ_{\text{hücre}} = -0,34 + 0,00 = -0,34 \text{ V, istemsiz:}$ Bakır HCl ile tepkime vermez.

Yazılıda: anodun işaretini çevirmeyi unutma; iki indirgenme potansiyelini doğrudan toplarsan sonuç yanlış çıkar.

3/4 Derişim değişince potansiyel değişir: Nernst eşitliği

Neden önemli? Gerçek pillerde derişim 1 M değildir; Nernst eşitliği potansiyelin derişimle değişimini hesaplatır.

25 °C'de

$$E = E^{\circ} - (0,059 / n) \cdot \log Q$$

- n: aktarılan elektron sayısı. Q: ürün iyonlarının tepken iyonlarına derişim oranı; katılar girmez, katsayılar üs olur.
- $\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$ için $Q = [\text{Cu}^{2+}] / [\text{Ag}^+]^2$
- Ürün iyonu azalırsa ya da tepken iyonu artarsa E artar; E = 0 olunca pil durur.

Derişim pili: $E^{\circ} = 0$; seyreltik taraf anottur, derişimler eşitlenince pil durur.

Zn/Cu pilinde deęişiklięin etkisi

Değişiklik	E
Cu kabına su	Azalı
Zn kabına su	Artar
Zn kabına Na_2S (ZnS çöker)	Artar
Cu kabına Na_2S (CuS çöker)	Azalı
Elektrot büyötmek	Değişmez
Tuz köprüsünü kaldırmak	Sfır olur

Yazılıda: önce Q'yu yaz, sonra Q büyürse E küçölür diye yorumla.

4/4 Metal aktiflięi: hangi çözeltille tepkime verir, hangi kapta saklanır?

Neden önemli? E° değerleri, bir metalin çözeltille tepkime verip vermeyeceğini ve hangi kapta saklanacağını da söyler.

Karar kuralı

- Metal, $E^{\circ}_{\text{indirgenme}}$ değeri kendisinininkinden büyük olan iyonu indirger; tepkime olur.
- E° küçük olan metal daha aktif, E° büyük olan daha soydur.
- Çözelti, metali iyondan daha soy olan kapta saklanır; çünkü tepkime olmaz.

Ni ($-0,25 \text{ V}$), Zn^{2+} 'yi ($-0,76 \text{ V}$) indirgemez ama Cu^{2+} 'yi ($+0,34 \text{ V}$) indirger.

Bakır ($E^{\circ} = +0,34 \text{ V}$) hangi çözeltille tepkime verir?

Çözelti	$E^{\circ} \text{ (V)}$	Tepkime	Bakır kapta saklanır mı?
AgNO_3	+0,80	Olur: $\text{Cu} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2\text{Ag}$	Hayır
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	-0,13	Olmaz	Evet
$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$	-0,25	Olmaz	Evet
$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$	-0,76	Olmaz	Evet

Tepkime olan satır için $E^{\circ} = -0,34 + 0,80 = +0,46 \text{ V} > 0$.

Yazılıda: iki E° değerini yan yana yaz, büyük olanın iyonu indirgenir.

A videosu • Sorular

Soru 1A · 12.1.3.1 · Redoks tepkimelerinin istemliliğini standart elektrot potansiyellerini kullanarak açıkla. · 10 puan

25 °C'de Zn ve Cu yarı hücreleri ayrı ayrı standart hidrojen yarı hücresine bağlanarak aşağıdaki ölçümler yapılmıştır.

Kurulan hücre	Hücre potansiyeli	Elektronların dış devredeki yönü
Zn Zn ²⁺ (1 M) ile standart hidrojen	0,76 V	Zn → Pt
Cu Cu ²⁺ (1 M) ile standart hidrojen	0,34 V	Pt → Cu



Buna göre;

- a) Standart hidrojen yarı hücresinin nasıl hazırlandığını ve potansiyelinin kaç volt kabul edildiğini yazınız. **2 puan**

Platin elektrot, 25 °C'de 1 M H⁺ içeren çözeltiye daldırılır ve çözeltiye 1 atm basınçta H₂ gazı gönderilir. Bu yarı hücrenin potansiyeli 0,00 V kabul edilir; öteki yarı hücrelerin potansiyelleri buna göre ölçülür.

Puanlama: Koşullar 1 puan; 1 M H⁺ ve 1 atm H₂ 0,5 puan, Pt elektrot 0,5 puan (25 °C yazılmamışsa puan kırılmaz); 0,00 V 1 puan

- b) Zn²⁺/Zn ve Cu²⁺/Cu yarı hücrelerinin standart indirgenme potansiyellerini bulunuz. **3 puan**

Zn hücresinde elektronlar Zn'den çıkar; Zn yükseltgenir, H⁺ indirgenir. Zn²⁺'nin indirgenme eğilimi H⁺'dan azdır: E°(Zn²⁺/Zn) = -0,76 V. Cu hücresinde elektronlar Cu'ya gider; Cu²⁺ indirgenir: E°(Cu²⁺/Cu) = +0,34 V.

Puanlama: Her potansiyel işaretiyle 1,5 puan (değer doğru, işaret yanlışsa 0,5 puan)

- c) Mg, Zn, H₂, Cu ve Ag'yi elektron verme eğilimi (aktiflik) azalacak biçimde sıralayınız. Mg, Zn, Cu ve Ag'den hangilerinin seyreltik HCl çözeltisinden H₂ gazı açığa çıkardığını yazınız. **5 puan**

İndirgenme potansiyeli küçük olan daha kolay yükseltgenir: Mg > Zn > H₂ > Cu > Ag. İndirgenme potansiyeli sıfırdan küçük olan Mg ve Zn, HCl'den H₂ açığa çıkarır; Cu ve Ag çıkarmaz.

Puanlama: Sıralama 3 puan (doğru sıraya göre yeri yanlış olan her tür için 1 puan kırılır); H₂ çıkaran metaller 2 puan (her metal 1 puan; H₂ çıkarmayan bir metali yazana o metal için 1 puan kırılır)

Öğretmen notu: Bazı kaynaklar yükseltgenme potansiyeli tablosu kullanır; işaretler terstir. Soruda hangi potansiyelin verildiğine dikkat ettirin. a maddesinde "platin" ve "1 atm H₂" en çok unutulmuş iki ayrıntıdır.

Soru 2A · 12.1.3.1 · Redoks tepkimelerinin istemliliğini standart elektrot potansiyellerini kullanarak açıkla. · 10 puan

Yarı tepkime	E° (V)
$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Mg}$	-2,37
$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,76
$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$	0,00
$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34
$\text{Ag}^+ + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}$	+0,80

Verilen standart indirgenme potansiyellerini kullanarak aşağıdaki tepkimelerin standart hücre potansiyelini hesaplayınız ve istemli olup olmadığını belirleyiniz. **10 puan**

Tepkime	E° hücre (V)	İstemli mi?
$\text{Zn(k)} + \text{Cu}^{2+}(\text{suda}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{suda}) + \text{Cu(k)}$		
$\text{Cu(k)} + 2\text{H}^+(\text{suda}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{suda}) + \text{H}_2(\text{g})$		
$\text{Mg(k)} + 2\text{Ag}^+(\text{suda}) \rightarrow \text{Mg}^{2+}(\text{suda}) + 2\text{Ag(k)}$		
$\text{Zn(k)} + 2\text{Ag}^+(\text{suda}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{suda}) + 2\text{Ag(k)}$		

$E^\circ_{\text{hücre}} = E^\circ_{\text{yükseltgenme}}(\text{anot}) + E^\circ_{\text{indirgenme}}(\text{katot})$. $\text{Zn} + \text{Cu}^{2+}$: $0,76 + 0,34 = +1,10$ V, istemli. $\text{Cu} + 2\text{H}^+$: $-0,34 + 0,00 = -0,34$ V, istemsiz (bakır HCl ile tepkime vermez). $\text{Mg} + 2\text{Ag}^+$: $2,37 + 0,80 = +3,17$ V, istemli; katsayı potansiyeli değiştirmez. $\text{Zn} + 2\text{Ag}^+$: $0,76 + 0,80 = +1,56$ V, istemli; burada da 0,80 V 2 ile çarpılmaz (AgNO_3 çözeltisi çinko kapta saklanamaz).

Puanlama: Her satır 2,5 puan (potansiyel 1,5 puan, istemlilik 1 puan). Potansiyel yanlış hesaplanmış olsa da öğrencinin bulduğu işaretlerle tutarlı istemlilik kararı 1 puanı alır. Önceki adımdaki hatayı tutarlı biçimde taşıyan öğrenciye izleyen adımın puanı verilir.

Öğretmen notu: Potansiyeli “katot – anot” biçiminde çıkararak bulan öğrenciye de tam puan verin. En sık hata, 3. ve 4. satırda Ag^+ ’nın potansiyelini 2 ile çarpmaktır (4. satırda $0,76 + 1,60 = 2,36$ V bulan öğrenci potansiyel puanını alamaz).

Soru 3A · 12.1.3.1 · Redoks tepkimelerinin istemliliğini standart elektrot potansiyellerini kullanarak açıkla. · 10 puan

25 °C’de çalışan çinko-bakır pilinin tepkimesi ve standart hücre potansiyeli aşağıda verilmiştir.



(25 °C’de Nernst eşitliğinde logaritmik terimin katsayısı 0,059/n alınacaktır.)

Buna göre;

a) $[\text{Zn}^{2+}] = 0,1$ M ve $[\text{Cu}^{2+}] = 1$ M olduğunda pilin potansiyelini hesaplayınız.

5 puan

$Q = [\text{Zn}^{2+}] / [\text{Cu}^{2+}] = 0,1 / 1 = 10^{-1}$; $n = 2$. $E = 1,10 - (0,059 / 2) \cdot \log 10^{-1} = 1,10 + 0,0295 = 1,1295$ V (1,13 V da tam puan).

Puanlama: Q 2 puan; n 1 puan; sonuç 2 puan

- b) a'da bulduğunuz potansiyel standart değerden (1,10 V) neden büyük çıkmıştır? Pil durduğunda ($E = 0$) $[Zn^{2+}] / [Cu^{2+}]$ oranı hakkında ne söylenebilir?

5 puan

Ürün iyonu Zn^{2+} 'nin derişimi standart değerden (1 M) küçüktür; $Q < 1$ olduğundan $\log Q$ eksi, $-(0,059/n) \cdot \log Q$ terimi artı çıkar. Ürün azaldığı için tepkimenin ileri yönde yürüme eğilimi standart koşullardakinden fazladır. Pil durduğunda $E = 0$: $1,10 = (0,059 / 2) \cdot \log Q$, yani $\log Q \approx 37$, $Q \approx 10^{37}$. Oran çok büyüktür: Cu^{2+} neredeyse tükenmiş, Zn^{2+} çok artmıştır; pil durduğunda tepkime dengeye ulaşmıştır ve bu oran tepkimenin denge sabitine (K) eşittir.

Puanlama: $Q < 1$ (ürün iyonu standart değerden az) gerekçesi 2 puan; $E = 0$ 'da oranın çok büyük olması 2 puan; katot iyonunun (Cu^{2+}) neredeyse tükendiği yorumu 1 puan. Sayısal değer ve denge sabiti (K) ilişkisi istenmez. a'da Q'yu ters alan öğrenci b'de kendi sonucuyla tutarlı yorum yaparsa b puanını alır: Önceki adımdaki hatayı tutarlı biçimde taşıyan öğrenciye izleyen adımın puanı verilir.

Öğretmen notu: Nernst eşitliği 2018, 2022, 2023 ve 2024 AYT'de sorulmuştur. Katı maddeler (Zn, Cu) Q'ya yazılmaz. b maddesinde "oran çok büyük, Cu^{2+} biter" diyen öğrenci sayısal değer yazmadan tam puan alır.

Soru 4A · 12.1.3.1 · Redoks tepkimelerinin istemliliğini standart elektrot potansiyellerini kullanarak açıkla. · 10 puan

Standart koşullarda çalışan $Zn(k) | Zn^{2+}(suda, 1 M) || Cu^{2+}(suda, 1 M) | Cu(k)$ pili veriliyor.

Buna göre;

- a) Pile ayrı ayrı uygulanan aşağıdaki değişikliklerin pil potansiyelini nasıl etkileyeceğini (artar, azalır, değişmez) yazınız.

4 puan

Değişiklik	Pil potansiyeli
Bakır kabına saf su eklemek	
Çinko kabına saf su eklemek	
Çinko kabına Na_2S katısı ekleyip çözmek (ZnS suda çok az çözünür)	
Daha büyük bir çinko elektrot kullanmak	

Bakır kabına su: $[Cu^{2+}]$ azalır, Q artar, potansiyel azalır. Çinko kabına su: $[Zn^{2+}]$ azalır, Q azalır, potansiyel artar. Na_2S : ZnS çöker, $[Zn^{2+}]$ azalır, potansiyel artar. Büyük elektrot: Katı Q'ya girmez, potansiyel değişmez.

Puanlama: Her satır 1 puan

- b) İki gümüş elektrottan biri 0,01 M, diğeri 1 M $AgNO_3$ çözeltisine daldırılarak bir derişim pili kuruluyor. Bu pilde hangi elektrodun anot olduğunu belirleyiniz, pilin 25 °C'deki potansiyelini hesaplayınız (Nernst eşitliğinde katsayı 0,059/n). Pil ne zaman durur?

6 puan

Anot, seyreltik (0,01 M) çözeltideki gümüş elektrotur; burada Ag yükseltgenir ve Ag^+ derişimi artar. $E^\circ = 0$; $Q = 0,01 / 1 = 10^{-2}$, $n = 1$: $E = 0 - 0,059 \cdot (-2) = 0,118$ V. İki kaptaki derişimler eşitlenince potansiyel sıfır olur ve pil durur.

Puanlama: Anot 2 puan; potansiyel 2 puan; durma koşulu 2 puan

Öğretmen notu: 2022 AYT'de standart olmayan koşullardaki Ag/Cu hücresi sorulmuştur; derişim pili aynı fikrin $E^\circ = 0$ olan özel hâlidir. a maddesini Le Chatelier ile de düşündürün: ürün iyonu azalırsa tepkime ileri kayar, potansiyel artar.

Soru 5A · 12.1.3.1 · Redoks tepkimelerinin istemliliğini standart elektrot potansiyellerini kullanarak açıkla. · 10 puan

Bir bakır parça, 25 °C'de 1 M'lık AgNO_3 , $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ ve $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin her birine ayrı ayrı daldırılıyor.

Yarı tepkime	E° (V)
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,76
$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ni}$	-0,25
$\text{Pb}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Pb}$	-0,13
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34
$\text{Ag}^+ + e^- \rightarrow \text{Ag}$	+0,80

Buna göre;

- a) Her çözeltide tepkime olup olmayacağını belirleyiniz ve gerekçesini E° değerlerini karşılaştırarak yazınız. **4 puan**

Çözelti	Tepkime olur mu?	Gerekçe (E° karşılaştırması)
AgNO_3		
$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$		
$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$		
$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$		

Bir metal, indirgenme potansiyeli kendisinininkinden büyük olan iyonu indirger; Cu^{2+}/Cu için $E^\circ = +0,34$ V. AgNO_3 : Tepkime olur; $E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = +0,80$ V > +0,34 V, Cu, Ag^+ iyonunu indirger. $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$: Olmaz; $-0,13$ V < +0,34 V. $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$: Olmaz; $-0,25$ V < +0,34 V. $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$: Olmaz; $-0,76$ V < +0,34 V.

Puanlama: Her satır 1 puan (karar 0,5 puan, E° karşılaştırması 0,5 puan)

- b) Tepkime olan çözelti için net tepkime denklemini yazınız ve standart potansiyelini hesaplayınız. **3 puan**

Net: $\text{Cu}(k) + 2\text{Ag}^+(\text{suda}) \rightarrow \text{Cu}^{2+}(\text{suda}) + 2\text{Ag}(k)$

$E^\circ = E^\circ_{\text{yükseltgenme}}(\text{Cu}) + E^\circ_{\text{indirgenme}}(\text{Ag}^+) = -0,34 + 0,80 = +0,46$ V. Bakır parça gümüşle kaplanır, çözelti Cu^{2+} nedeniyle mavileşir.

Puanlama: Denklem (elektron eşitliğine göre katsayılarla) 2 puan; E° 1 puan. a'da yanlış çözeltiyi seçen öğrenci o tepkimenin denklemini ve E° 'sini doğru yazarsa puanı alır: Önceki adımdaki hatayı tutarlı biçimde taşıyan öğrenciye izleyen adımın puanı verilir.

- c) Bu çözeltilerden hangileri bakır kapta saklanabilir? $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ çözeltisi çinko kapta saklanabilir mi? Gerekçesiyle yazınız. **3 puan**

Bakır kapta $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ ve $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ saklanabilir; AgNO_3 saklanamaz, kap aşınır. Çinko kapta $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ saklanamaz:

$\text{Zn}(k) + \text{Pb}^{2+}(\text{suda}) \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{suda}) + \text{Pb}(k)$

$E^\circ = 0,76 + (-0,13) = +0,63$ V > 0, tepkime istemlidir; çinko kap çözünür, üzerinde kurşun birikir.

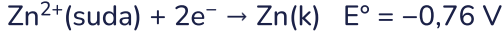
Puanlama: Kapta saklanabilen üç çözelti 1,5 puan (her biri 0,5 puan); ikinci kap kararı 0,5 puan, E° gerekçesi 1 puan

Öğretmen notu: 2020 AYT'de aynı kalıp (bir metalin hangi tuz çözeltisiyle tepkime verdiği) sorulmuştur. "Bakırın E° 'si büyük, o yüzden daha aktif" diyen öğrenci a'nın tamamını ters çevirir; kural $E^\circ_{\text{indirgenme}}$ küçük olanın aktif olduğudur.

AYT köşesi A · 2018 ve 2023 AYT kalıbı: Nernst eşitliği · 12.1.3.1



25 °C'deki bu hücre tepkimesinde $[\text{Pb}^{2+}] = 0,1 \text{ mol/L}$ ve $[\text{Zn}^{2+}] = 0,01 \text{ mol/L}$ 'dir.



(Nernst eşitliğinde logaritmik terimin katsayısı $0,059/n$ alınacaktır.)

Buna göre hücre potansiyeli kaç volttur?

- A) 0,571 B) 0,601 C) 0,630 D) 0,660 E) 0,689

Cevap: D · $E^\circ_{\text{hücre}} = E^\circ_{\text{yükseltgenme}}(\text{Zn}) + E^\circ_{\text{indirgenme}}(\text{Pb}^{2+}) = 0,76 + (-0,13) = 0,63 \text{ V}$. $Q = [\text{Zn}^{2+}] / [\text{Pb}^{2+}] = 0,01 / 0,1 = 10^{-1}$, $n = 2$. $E = 0,63 - (0,059 / 2) \cdot (-1) = 0,63 + 0,0295 \approx 0,660 \text{ V}$.

B videosu · İkiz sorular

Soru 1B · 12.1.3.1 · Redoks tepkimelerinin istemliliğini standart elektrot potansiyellerini kullanarak açıkla. · 10 puan

25 °C'de Ni ve Ag yarı hücreleri ayrı ayrı standart hidrojen yarı hücresine bağlanarak aşağıdaki ölçümler yapılmıştır.

Kurulan hücre	Hücre potansiyeli	Elektronların dış devredeki yönü
Ni Ni^{2+} (1 M) ile standart hidrojen	0,25 V	Ni → Pt
Ag Ag^+ (1 M) ile standart hidrojen	0,80 V	Pt → Ag



Buna göre;

- a)** Standart hidrojen yarı hücresinin nasıl hazırlandığını ve potansiyelinin kaç volt kabul edildiğini yazınız. **2 puan**

Platin elektrot, 25 °C'de 1 M H^+ içeren çözeltiye daldırılır ve çözeltiye 1 atm basınçta H_2 gazı gönderilir. Bu yarı hücrenin potansiyeli 0,00 V kabul edilir; öteki yarı hücrelerin potansiyelleri buna göre ölçülür.

Puanlama: Koşullar 1 puan, 1 M H^+ ve 1 atm H_2 0,5 puan, Pt elektrot 0,5 puan (25 °C yazılmamışsa puan kırılmaz); 0,00 V 1 puan

- b)** Ni^{2+}/Ni ve Ag^+/Ag yarı hücrelerinin standart indirgenme potansiyellerini bulunuz. **3 puan**

Ni hücresinde elektronlar Ni'den çıkar; Ni yükseltgenir: $E^\circ(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}) = -0,25 \text{ V}$. Ag hücresinde elektronlar Ag'ye gider; Ag^+ indirgenir: $E^\circ(\text{Ag}^+/\text{Ag}) = +0,80 \text{ V}$.

Puanlama: Her potansiyel işaretiyle 1,5 puan (değer doğru, işaret yanlışsa 0,5 puan)

- c) Al, Ni, H₂, Cu ve Ag'yi elektron verme eğilimi (aktiflik) azalacak biçimde sıralayınız. Al, Ni, Cu ve Ag'den hangilerinin seyreltik HCl çözeltisinden H₂ gazı açığa çıkardığını yazınız. **5 puan**

Al > Ni > H₂ > Cu > Ag. İndirgenme potansiyeli sıfırdan küçük olan Al ve Ni, HCl'den H₂ açığa çıkarır; Cu ve Ag çıkarmaz.

Puanlama: Sıralama 3 puan (doğru sıraya göre yeri yanlış olan her tür için 1 puan kırılır); H₂ çıkaran metaller 2 puan (her metal 1 puan; H₂ çıkarmayan bir metali yazana o metal için 1 puan kırılır)

Öğretmen notu: Ni'nin potansiyeli eksi olduğu hâlde küçük bir değerdir; nikel asitlerle yavaş tepkime verir.

Soru 2B · 12.1.3.1 · Redoks tepkimelerinin istemliliğini standart elektrot potansiyellerini kullanarak açıkla. · 10 puan

Yarı tepkime	E° (V)
Al ³⁺ + 3e ⁻ → Al	-1,66
Ni ²⁺ + 2e ⁻ → Ni	-0,25
2H ⁺ + 2e ⁻ → H ₂	0,00
Cu ²⁺ + 2e ⁻ → Cu	+0,34
Ag ⁺ + e ⁻ → Ag	+0,80

Verilen standart indirgenme potansiyellerini kullanarak aşağıdaki tepkimelerin standart hücre potansiyelini hesaplayınız ve istemli olup olmadığını belirleyiniz. **10 puan**

Tepkime	E° _{hücre} (V)	İstemli mi?
Ni(k) + 2Ag ⁺ (suda) → Ni ²⁺ (suda) + 2Ag(k)		
2Ag(k) + 2H ⁺ (suda) → 2Ag ⁺ (suda) + H ₂ (g)		
2Al(k) + 3Ni ²⁺ (suda) → 2Al ³⁺ (suda) + 3Ni(k)		
2Al(k) + 3Cu ²⁺ (suda) → 2Al ³⁺ (suda) + 3Cu(k)		

E°_{hücre} = E°_{yükseltgenme}(anot) + E°_{indirgenme}(katot). Ni + 2Ag⁺: 0,25 + 0,80 = +1,05 V, istemli. 2Ag + 2H⁺: -0,80 + 0,00 = -0,80 V, istemsiz. 2Al + 3Ni²⁺: 1,66 + (-0,25) = +1,41 V, istemli. 2Al + 3Cu²⁺: 1,66 + 0,34 = +2,00 V, istemli; katsayılar (2 ve 3) potansiyeli değiştirmez (CuSO₄ çözeltisi alüminyum kapta saklanamaz).

Puanlama: Her satır 2,5 puan (potansiyel 1,5 puan, istemlilik 1 puan). Potansiyel yanlış hesaplanmış olsa da öğrencinin bulduğu işaretlerle tutarlı istemlilik kararı 1 puanı alır: Önceki adımdaki hatayı tutarlı biçimde taşıyan öğrenciye izleyen adımın puanı verilir.

Öğretmen notu: Al-Ni satırında iki indirgenme potansiyeli de eksidir. Yalnız anodun (Al) işareti çevrilir: 1,66 + (-0,25). Ni'nin işaretini de çeviren öğrenci 1,91 V bulur. 4. satırda Al'nin potansiyelini 2, Cu'nunkini 3 ile çarpan öğrenci 4,34 V bulur; potansiyel puanı verilmez.

Soru 3B · 12.1.3.1 · Redoks tepkimelerinin istemliliğini standart elektrot potansiyellerini kullanarak açıkla. · 10 puan

25 °C'de çalışan nikel-bakır pilinin tepkimesi ve standart hücre potansiyeli aşağıda verilmiştir.



(25 °C'de Nernst eşitliğinde logaritmik terimin katsayısı 0,059/n alınacaktır.)

Buna göre;

a) $[\text{Ni}^{2+}] = 0,01 \text{ M}$ ve $[\text{Cu}^{2+}] = 1 \text{ M}$ olduğunda pilin potansiyelini hesaplayınız. 5 puan

$$Q = [\text{Ni}^{2+}] / [\text{Cu}^{2+}] = 0,01 / 1 = 10^{-2}; n = 2. E = 0,59 - (0,059 / 2) \cdot (-2) = 0,59 + 0,059 = 0,649 \text{ V.}$$

Puanlama: Q 2 puan; n 1 puan; sonuç 2 puan

b) a'da bulduğunuz potansiyel standart değerden (0,59 V) neden büyük çıkmıştır? Pil durduğunda ($E = 0$) $[\text{Ni}^{2+}] / [\text{Cu}^{2+}]$ oranı hakkında ne söylenebilir? 5 puan

Ürün iyonu Ni^{2+} 'nin derişimi standart değerden (1 M) küçüktür; $Q < 1$ olduğundan $\log Q$ eksi, $-(0,059/n) \cdot \log Q$ terimi artı çıkar. Ürün azaldığı için tepkimenin ileri yönde yürüme eğilimi standart koşullardakinden fazladır. Pil durduğunda $E = 0$: $0,59 = (0,059 / 2) \cdot \log Q$, yani $\log Q = 20$, $Q = 10^{20}$. Oran çok büyüktür: Cu^{2+} neredeyse tükenmiş, Ni^{2+} çok artmıştır; pil durduğunda tepkime dengeye ulaşmıştır ve bu oran tepkimenin denge sabitine (K) eşittir.

Puanlama: $Q < 1$ (ürün iyonu standart değerden az) gerekçesi 2 puan; $E = 0$ 'da oranın çok büyük olması 2 puan; katot iyonunun (Cu^{2+}) neredeyse tükendiği yorumu 1 puan. Sayısal değer ve denge sabiti (K) ilişkisi istenmez. a'da Q'yu ters alan öğrenci b'de kendi sonucuyla tutarlı yorum yaparsa b puanını alır: Önceki adımdaki hatayı tutarlı biçimde taşıyan öğrenciye izleyen adımın puanı verilir.

Öğretmen notu: a'da ürün iyonu az olduğu için potansiyel standart değerden büyük çıkar; sonucu bu yorumla kontrol ettirin. Burada $\log Q = 20$ tam çıkar; isteyen öğrenciye gösterin.

Soru 4B · 12.1.3.1 · Redoks tepkimelerinin istemliliğini standart elektrot potansiyellerini kullanarak açıkla. · 10 puan

Standart koşullarda çalışan $\text{Ni(k)} | \text{Ni}^{2+}(\text{suda}, 1 \text{ M}) || \text{Cu}^{2+}(\text{suda}, 1 \text{ M}) | \text{Cu(k)}$ pili veriliyor.

Buna göre;

a) Pile ayrı ayrı uygulanan aşağıdaki değişikliklerin pil potansiyelini nasıl etkileyeceğini (artar, azalır, değişmez) yazınız. 4 puan

Değişiklik	Pil potansiyeli
Nikel kabına saf su eklemek	
Bakır kabına saf su eklemek	
Bakır kabına Na_2S katısı ekleyip çözmek (CuS suda çok az çözünür)	
Bakır elektrodun çözeltiye daldırılan kısmını artırmak	

Nikel kabına su: $[\text{Ni}^{2+}]$ azalır, Q azalır, potansiyel artar. Bakır kabına su: $[\text{Cu}^{2+}]$ azalır, Q artar, potansiyel azalır. Na_2S : CuS çöker, $[\text{Cu}^{2+}]$ azalır, potansiyel azalır. Daldırılan kısım: Katı Q'ya girmez, potansiyel değişmez.

Puanlama: Her satır 1 puan

- b) İki bakır elektrottan biri 0,001 M, diğeri 0,1 M CuSO_4 çözeltisine daldırılarak bir derişim pili kuruluyor. Bu pilde hangi elektrodun anot olduğunu belirleyiniz, pilin 25 °C'deki potansiyelini hesaplayınız (Nernst eşitliğinde katsayı 0,059/n). Pil ne zaman durur? **6 puan**

Anot, seyreltik (0,001 M) çözeltideki bakır elektrottur; burada Cu yükseltgenir ve Cu^{2+} derişimi artar. $E^\circ = 0$; $Q = 0,001 / 0,1 = 10^{-2}$, $n = 2$; $E = 0 - (0,059 / 2) \cdot (-2) = 0,059 \text{ V}$. İki kaptaki derişimler eşitlenince potansiyel sıfır olur ve pil durur.

Puanlama: Anot 2 puan; potansiyel 2 puan; durma koşulu 2 puan

Öğretmen notu: Bakırda $n = 2$ olduğu için aynı derişim oranında potansiyel gümüş derişim pilininkinin yarısıdır. n'yi 1 alan öğrenci 0,118 V bulur; potansiyel puanı verilmez.

Soru 5B · 12.1.3.1 · Redoks tepkimelerinin istemliliğini standart elektrot potansiyellerini kullanarak açıkla. · 10 puan

Bir nikel parça, 25 °C'de 1 M'lık $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ve $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ çözeltilerinin her birine ayrı ayrı daldırılıyor.

Yarı tepkime	$E^\circ \text{ (V)}$
$\text{Mg}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Mg}$	-2,37
$\text{Al}^{3+} + 3e^- \rightarrow \text{Al}$	-1,66
$\text{Zn}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Zn}$	-0,76
$\text{Ni}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Ni}$	-0,25
$\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$	+0,34

Buna göre;

- a) Her çözeltide tepkime olup olmayacağını belirleyiniz ve gerekçesini E° değerlerini karşılaştırarak yazınız. **4 puan**

Çözelti	Tepkime olur mu?	Gerekçe (E° karşılaştırması)
$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$		
$\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$		
$\text{Al}(\text{NO}_3)_3$		
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$		

Bir metal, indirgenme potansiyeli kendisinininkinden büyük olan iyonu indirger; Ni^{2+}/Ni için $E^\circ = -0,25 \text{ V}$. $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$: Tepkime olur; $E^\circ(\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}) = +0,34 \text{ V} > -0,25 \text{ V}$, Ni, Cu^{2+} iyonunu indirger. $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$: Olmaz; $-0,76 \text{ V} < -0,25 \text{ V}$. $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$: Olmaz; $-1,66 \text{ V} < -0,25 \text{ V}$. $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$: Olmaz; $-2,37 \text{ V} < -0,25 \text{ V}$.

Puanlama: Her satır 1 puan (karar 0,5 puan, E° karşılaştırması 0,5 puan)

- b) Tepkime olan çözelti için net tepkime denklemini yazınız ve standart potansiyelini hesaplayınız. **3 puan**

Net: $\text{Ni(k)} + \text{Cu}^{2+}(\text{suda}) \rightarrow \text{Ni}^{2+}(\text{suda}) + \text{Cu(k)}$

$E^\circ = E^\circ_{\text{yükseltgenme}}(\text{Ni}) + E^\circ_{\text{indirgenme}}(\text{Cu}^{2+}) = 0,25 + 0,34 = +0,59 \text{ V}$. Nikel parça bakırla kaplanır, çözeltinin mavi rengi açılır.

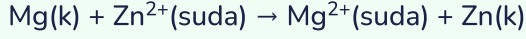
Puanlama: Denklem (elektron eşitliğine göre katsayılarla) 2 puan; E° 1 puan. a'da yanlış çözeltiyi seçen öğrenci o tepkimenin denklemini ve E° 'sini doğru yazarsa puanı alır: Önceki adımdaki hatayı tutarlı biçimde taşıyan öğrenciye izleyen adımın puanı verilir.

- c) Bu çözeltilerden hangileri nikel kapta saklanabilir? $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ çözeltisi magnezyum kapta saklanabilir mi? Gerekçesiyle yazınız.

3 puan

Nikel kapta $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$, $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ve $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ saklanabilir; $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ saklanamaz, kap aşınır.

Magnezyum kapta $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ saklanamaz:



$E^\circ = 2,37 + (-0,76) = +1,61 \text{ V} > 0$, tepkime istemlidir; magnezyum kap çözünür, üzerinde çinko birikir.

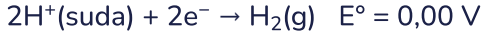
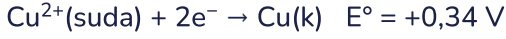
Puanlama: Kapta saklanabilen üç çözelti 1,5 puan (her biri 0,5 puan); ikinci kap kararı 0,5 puan, E° gerekçesi 1 puan

Öğretmen notu: Bu takımda bütün E° değerleri Cu dışında eksidir; “eksi potansiyelli iyon indirgenmez” diyen öğrenci Mg kabı sorusunda yanılır. Karar her zaman iki değer karşılaştırılmasıyla verilir.

AYT köşesi B · 2024 AYT kalıbı: hidrojen elektrodu ve pH · 12.1.3.1

Şematik gösterimi aşağıda verilen galvanik hücrenin 25 °C'deki potansiyeli 0,458 V'tur.

Pt(k) | $\text{H}_2(\text{g}, 1 \text{ atm})$ | $\text{H}^+(\text{suda}, x \text{ M})$ || $\text{Cu}^{2+}(\text{suda}, 1 \text{ M})$ | Cu(k)



(Nernst eşitliğinde logaritmik terimin katsayısı 0,059/n alınacaktır.)

Buna göre anot yarı hücresindeki çözeltinin pH değeri kaçtır?

- A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

Cevap: B · Hücre tepkimesi: $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cu}^{2+}(\text{suda}) \rightarrow 2\text{H}^+(\text{suda}) + \text{Cu(k)}$

$$E^\circ = 0,34 \text{ V}, n = 2, Q = [\text{H}^+]^2 / [\text{Cu}^{2+}] = [\text{H}^+]^2$$

$$E = 0,34 - (0,059 / 2) \cdot 2 \cdot \log[\text{H}^+] = 0,34 + 0,059 \cdot \text{pH}$$

$$0,458 = 0,34 + 0,059 \cdot \text{pH} \rightarrow \text{pH} = 2$$

Kavram yanlışları

A videosu Yazılıda puan kaybettiren üç yanlış

X “Yarı tepkime katsayısıyla çarpılınca E° değeri de çarpılır.”

✓ Elektrot potansiyeli şiddet özelliğidir, madde miktarına bağlı değildir. Elektron eşitlemek için yarı tepkime 2 ile çarpılsa da E° aynı kalır; yalnızca tepkime ters çevrilmeye işaretini değiştirir.

X “İki indirgenme potansiyeli olduğu gibi toplanır.”

✓ Pilde bir elektrot yükseltgenir: anodun indirgenme potansiyelinin işareti çevrilir, katodunkisi olduğu gibi alınır; $E^\circ_{\text{hücre}} = E^\circ_{\text{yük}}(\text{anot}) + E^\circ_{\text{ind}}(\text{katot})$. Sonuç pozitifse tepkime istemlidir (örneğin Zn/Cu pilinde $-0,76 + 0,34$ değil, $+0,76 + 0,34 = +1,10$ V).

X “İndirgenme potansiyeli büyük olan metal daha aktiftir.”

✓ Ters: E° değeri küçük (daha negatif) olan metal elektron vermeye yatkındır, daha aktiftir; E° değeri büyük olan soydur. Aktivite sırası tablodaki değerler küçükten büyüğe okunarak bulunur; E° değeri 0,00 V’tan küçük metaller asitten H_2 çıkarır.

B videosu Yazılıda sık görülen üç yanlış daha

X “İşaret çevirme her iki elektroda da uygulanır.”

✓ Yalnız anodun işareti çevrilir; katotta indirgenme olduğundan tablodaki değer kendi işaretiyle alınır, eksi olsa bile değişmez (örneğin Al/Ni pilinde $+1,66 + (-0,25) = +1,41$ V; $1,66 + 0,25$ yanlıştır).

X “Nernst eşitliğinde n her zaman 1’dir.”

✓ n, denkleştirilmiş hücre tepkimesinde aktarılan elektron molüdür; elektrot türüne göre değişir. Derişim pilinde $E^\circ = 0$ olduğundan potansiyel yalnız $(0,059/n) \log Q$ teriminden gelir; aynı derişim oranında n = 2 olan bakır derişim pilinin potansiyeli, n = 1 olan gümüşünkinin yarısıdır.

X “ E° değeri eksi olan metal iyonunu hiçbir metal indirgeyemez.”

✓ Karar işarete değil karşılaştırmaya dayanır: metal, E° değeri kendisinden büyük olan her iyonu indirger; ikisi de eksi olabilir. Çözelti, iyonundan daha soy metalin kabında saklanır (örneğin Zn^{2+} çözeltisi $(-0,76$ V) magnezyum kabında $(-2,37$ V) saklanamaz, Mg çözünür).