

## L-25 ELEKTROKİMYASAL PİLLER

25 Son 10 saniye cevaplarınızı tıklayın.

44 Burada cevap biraz karışık. Geç gelenler için ikinci bir şans daha vereceğim. Peki  $pK_a$  4 olsaydı ne yapacaktık. Her şey aynı ama  $pK_a$  şimdi 4 . Cevap ne olacak?

Son 10 saniye. İlginç. Çoğunuz bildiniz.  $pK_a$  3 olursa ya da 4 olursa cevap değişmez. Ama  $pK_a$  4 olunca düşünmeniz ve arkadaşlarınızın ne tıkladığını görmemiz için ekstra zaman, ona göre kararınızı verirsiniz. Böylece daha çok insan doğru cevapladı. Peki neden doğru olduğunu düşünelim. Elektronik notlarıma bakarsanız, çünkü bunlar notlarınızda yok, işlediğiniz şeylerle ilgili olduğunu göreceksiniz. Sadece bir hatırlatma. Asit-baz titrasyonlarında nerede olduğumuzun bir hatırlatması.

Geçen derste pH eğrisinin farklı noktalarında neler olduğundan ve pH'ın  $pK_a$  'ya eşit olduğu eşdeğerlik noktasından bahsettik.

Bunu anlamının başka bir yolu da,

-başlangıçta  $pH < pK_a$  iken proton almış moleküllerimiz daha çok

-eğer  $pH > pK_a$  ise proton vermiş moleküllerimiz daha çok

Şeklinde düşünebiliriz.  $pK_a$  'nın 4 olduğu soruya dönelim.

Birine  $pK_a$  'nın pH'a eşit olduğu bir molekül örneği verirseniz bu örnekteki proton almış ve proton vermiş taneciklerin sayısı eşittir. Eğer örneğimizde  $pH > pK_a$  ise örneğimizde proton vermiş tanecikler daha fazladır. Handerson-Hasselbach eşitliği titrasyon eğrileri için kullanılabilirdi gibi, tampon çözeltiler için de kullanılabilir. Bu şekildeki problemleri düşünmek için de kullanılır. Peki nasıl bir oran elde edeceksiniz?

$pK_a$  ve pH ı biliyorsanız protonlanmış/protonlanmamış oranını bulabilirsiniz.  $pH$  ,  $pK_a$  'dan çok yüksekse örneğimiz çok yüksek oranda proton vermiş tanecikler içerir. İşte burada bu iki değer için işlem görünüyor. Eğer  $pH$  ,  $pK_a$  dan çok küçükse örneğimiz proton vermiştir. Organik kimya ve biyokimyaya geçtiğimizde bunlarla çok uğraşacaksınız.

Biyokimyacılar aminoasit zincirlerinin  $pK_a$  'sıyla, enzimlerin çalışma mekanizmasıyla ilgili çalışırlar. Onlara göre, bir enzim sisteminde, reaksiyona girmeyen kısım, katalitik asit ya da baz olarak görev yapar. Bir enzimin  $pH$  ı ve  $pK_a$  sını biliniyorsa, nasıl iyonlaştığı ve mekanizması hakkında birşeyler söylenebilir. Biyokimyacılar bu tür sorularla uğraşırlar. Eğer bir biyokimya seminerindeyseniz ve biri bu konu hakkında konuşuyorsa el kaldırıp “bu enzim mekanizmasında bu aminoasitin  $pK_a$  'sının rolü nedir?” diye sormaya hazırlıklı olun.  $pK_a$  'yı çok duyacaksınız. Burada kimya alanların çoğu  $pK_a$  'nın biyolojik öneminin farkında değildir. Daha ileri derslere geçtiğimiz zaman  $pK_a$  hakkında konuşuluyorsa elinizi kaldırın ve muhteşem  $pK_a$  bilginizle meslektaşlarınızı etkileyin. Bu konuda çok heyecanlıyım.  $pK_a$  bilginizle ekstra puan aldığımızda bana mail atın. Bu bilgileri toplayıp şeytani amaçlarla

kullanacağım. Hayır, her neyse. Şimdi moleküllerin  $pK_a$  ları hakkında düşünebiliriz. Bu size ileride çok yararlı olacak.

Zayıf bir asiti kuvvetli bir bazla titre etmemeye söz verirsem yine de  $pK_a$ 'yı öğrenmek zorunda mıyım diyeniniz varsa, bu sadece asit-baz konusu değil. Kariyerinizde göreceğiniz pek çok şeyle ilgili şeyler öğreneceksiniz. Enzimleri severim. Enzimler önemlidir. Ben bir biyokimyacıyım. Asitler ve bazlar biyokimya için çok önemlidir.

Biyokimyada çok önemli olan diğer bir şey de yükseltgenme-indirgenme konusudur. Dolayısıyla işlemekte olduğumuz iki ünite üçüncü sınavda çıkacak. Enzimlerin çalışma sisteminin temel prensiplerini öğreniyorsunuz. Geçen ders bazı kurallardan konuşmaya başladık. Yükseltgenme basamağını belirlemek, yükseltgenme-indirgenme problemlerini anlamınız için gerekli olan temel bilgilerden biri. Şimdi, bu kuralları nasıl uygulayacağımıza dair bir örnek. Lityum ve oksijenden oluşan bileşiğe bakalım. Lityumun yükseltgenme basamağı kaçtır? Kaçtır? +1 . Birinci gruptakiler +1 olur. İki lityum atomumuz var. Şimdi yukarıdaki kurallardan birisini uygulayalım.

Oksijenin yükseltgenme basamağı kaçtır.-2. Burada peroksit olmadığı için -2'dir.

+2-2=0 dır. Bu doğrudur. Çünkü molekülün toplam yükü sıfır. Dolayısıyla bir molekülde tüm yükseltgenme basamaklarının toplamı sıfır olmalı. Bu da kurallardan bir tanesi.

$PCl_5$  ' e bakalım. Klorun yükseltgenme basamağı nedir? Tahmininiz ne? -1. Klor için istisna durum nedir? Oksijenle birlikte olduğu zaman -1 olmaz. Burada, 5 tane  $Cl^-$  var. Fosfor dan hiç bahsetmedim. Sizce ne olabilir.+5. Bu coşkuyu sevdim. Evet +5 olacak. Toplam yükümüz yine sıfır.

Bir molekül için her zaman aynı kural geçerli olmayabilir. Ama size bir ipucu verilir. Ona göre diğerlerini bulursunuz. Birkaç örnek daha yapalım. $HNO_3$  e bakalım. Oksijenle başlayalım. Oksijen burada ne olur.(-2). O halde 3 tane oksijen var. Toplam yükümüz sıfır olmalı. Peki hidrojen ? (+1). Hidrojen için istisna nedir? Metalle birlikte olduğu zaman. Peki azot? (+5). Bunlarda iyiyiz. Şimdi clicker yarışması yapalım. Bu moleküldeki azotu söyleyin. 10 saniye. Mükemmel. Yarışmaya gerek bile yok. Çoğunuz doğru anlamışsınız, doğru anladığımızda seviniyorum.  $2x(+1)-2=0$  . azot(+1). Oksijen(-2). Bu problemlerde uygulayacağınız başka bir yöntemden bahsetmek istiyorum.

Genellikle temel kökleri tanırırsınız. Burada bunu  $H^+$  ve  $NO_3^-$  olarak düşünebilirsiniz. Aynı sonuca ulaşırsınız. Molekül biraz karmaşıkta bu şekilde parçalayabilirsiniz. Sonuç değişmez. Bu ünite de söylediğim gibi sadece toplama ve çıkarma yapacaksınız. Bu kısım çok karışık değil. Sadece bu basit matematiği yaparken dikkat edin.

Şimdi birkaç tanım. Yükseltgenme nedir? Bir şey yükseltgenirse ne olur? Bir şeyi yükselterseniz elektronlarını kaybeder. Peki indirgerseniz ne olur? Elektron kazanır. Çoğunuz bu tanımlarda iyisiniz. Şimdi biraz sorun çıkaran bir yerdeyiz, yükseltgen nedir? Yükseltgeme aracıdır. Diğer maddeyi yükseltgemek ister. Kendisi indirgenir. Yani ortalarda dolaşır ve diğer maddeleri yükseltgemek ister. Kendisi indirgenir.

Şimdi indirgen'in ne olduğunu siz tahmin edebilirsiniz. İndirgeme aracıdır. Kendisi yükseltgenir. Diğerlerini indirgemeye çalışır. Kendi elektronlarını vermek ister. Böylece yükseltgenir. Bu tanımları aklınızda tutun. Çünkü bu ünite de çok kullanacaksınız. Şimdi reaksiyonlara bakacağız yükseltgenen ve indirgenenleri bulacağız.

Bu özel reaksiyon türünde, disproporsiyasyon reaksiyonunda aynı element hem yükseltgenen hem indirgenen olur. Bu reaksiyon denklemini ikiye ayıralım. Çünkü, her redoks reaksiyonunda hem yükseltgenme hem indirgenme olur. Böylece iki yarı reaksiyon yazılabilir. Sodyum burada gözlemci iyondur. Tepkime denklemlerine bile yazmaya gerek yoktur . Onda herhangi bir değişim olmaz.

Burada ne olduğuna bakalım. Yükseltgenen ve indirgenenleri bulalım. Buradan başlayalım.  $\text{ClO}_3^-$  deki yükseltgenme basamaklarını bulalım. Oksijen ve klor için ne olur? Bu elementlerin yükseltgenme basamakları hakkında ne biliyoruz? Klorla başlayalım, ne olur? Önce  $\text{ClO}^-$  ye bakalım. Toplam yükün -1 olması için Klor (+1) olmalı. Bu bir istisna, klor genelde (-1)'dir. Ama burada oksijenle birlikte. Şimdi  $\text{ClO}_3^-$  'e dönelim. Burada ne olur? Diğerine benzer mi olacak farklı mı? Oksijen ne olur? 3 tane -2'miz var. Çünkü bu bir peroksit değil. Bu nedenle oksijen burada -2'dir. Toplam yükümüz -1. peki klor nedir? (+5) doğru. Bu sıradışı fakat doğru. Kurallarımızı uyguluyoruz. Klor genelde -1'dir. Ama oksijenle birlikte olduğunda farklı olur. Klor burada +1'ken +5 olur. Ne oldu? İndirgendi mi yükseltgendi mi? +1'ken +5 olmuş dolayısıyla yükseltgenmiştir. Yükseltgenme olup olmadığını, yükseltgenme basamaklarına bakarak öğrenebiliriz. Böylece reaksiyonda değişenlerin ne olduğunu görebiliriz. Aşağıya diğer reaksiyonu yazmıştık. Oksijen için (-2), toplam yük (-1) dolayısıyla klor +1. Diğer tarafta klorun yükseltgenme basamağı kaçtır? (-1.) O halde Cl, +1'den -1'e gitmiştir. Peki bu nedir? İndirgenme.

Bu bir disproporsiyasyon. Klor hem indirgenmiş hem yükseltgenmiş. Bu tür reaksiyonlarda böyle düşüneceksiniz.

Şimdi reaksiyonu denkleştirelim. Daha sonraki problemlerde doğru cevabı bulmak için bu çok önemli. Denkleştirmeyi bir örnekte görelim. Çözeltinin asidik mi bazik mi olduğunu bilmeliyiz, bunun hakkında da konuşacağız.

Önce iki yarı reaksiyona bakalım. Fe ve Cr var. Bunları ayrı ayrı incelemeliyiz. Önce ilk reaksiyona bakalım. Oksijenin yükseltgenme basamağı kaçtır? Söyleyebilirsiniz. Oksijen ne yapmış? İki taraftaki kromların yükseltgenme basamaklarını bulun ve ne olduğunu söyleyin. Bir mırıldanma duyuyorum. Bir gruptakiler diğerlerine yardım ediyorlar sanki. Ekstra zamana ihtiyacınız var mı? Tıkladınız mı? 10 saniye. Cevaba bakalım. Oksijenin yükseltgenme basamağı -2. Toplam yük de -2. Matematik buradan ne çıkarır? Krom +6 iken +3 olmuş yani indirgenmiştir. %75iniz bunu anlamış güzel. Şimdi çoğunuz bunu yapmalı. Demir +2 iken +3 olmuş. Sesli söyleyebilirsiniz. Yükseltgenmiş. Şimdi denkleştirelim. Notlarınızda boşluklar bıraktım. Onları doldurabilirsiniz. Hızlı ilerlemek için cevapları yüksek sesle söyleyin.

Burada iki yöntemimiz var. Cevabı bulmak için istediğiniz prosedürü kullanabilirsiniz. Birçok insan en kolay metot olarak bunu kullanır. Biz bunu öğretiyoruz ama siz istediğinizi kullanabilirsiniz. İlk yapmamız gereken şey oksijen ve hidrojen dışındaki elementleri denkleştirmek. Oksijen ve hidrojeni daha sonra denkleştireceğiz. Şimdi ne yapmalıyız? Kromun mol sayısını ikiyle çarpmalıyız. Böylece iki taraftaki krom sayısı eşit olur. Demir için ne yapmalıyız? Hiçbir şey.

Bu çok basit. İlk reaksiyonda oksijenleri eşitlemek için su eklemelisiniz. Peki ne yapacağız? Kaç su eklemeliyiz? 7 H<sub>2</sub>O eklemeliyiz. 2. reaksiyon için yapmamız gereken bir şey yok. Sıradaki aşama hidrojenleri eşitlemek. Bunları H<sup>+</sup> ekleyerek eşitleyebiliriz. Bazı kitaplar H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> kullanır. Teknik olarak daha doğrudur ama biz daha basit olarak H<sup>+</sup> kullanacağız. İlk reaksiyonda kaç H<sup>+</sup> eklemeliyiz? 14. İkinci reaksiyonda yapacak bir şey yok. Çok basit. Şimdi yükleri eşitleyelim.

Denklemin iki tarafındaki yük miktarı eşit olmalı. İlk reaksiyona kaç tane elektron eklemeliyiz? Cevabı duydum 6. Altı elektron eklemeliyiz. Bu üniteye kafanızdan toplama çıkarma yapmanız gerekiyor. Bu işlemleri çok iyi kontrol etmeniz gerekir. Toplama çıkarma hatasından puan kaybetmek çok üzücü. Sınavda bundan puan kaybetmemeye bakın. Nihayet ikinci reaksiyonda yapacak bir şeyimiz var. Ne yapacağız? Kaç elektron eklemeliyiz.(1). Şimdi yükler eşitlendi. Şimdi reaksiyonları bir tamsayı ile çarpalım, elektronlar birbirini götürsün. Bunun için ikinci reaksiyonu kaçla çarpmalıyız.(6). Şimdi iki reaksiyonu toplayalım, gerekli götürmeleri yapalım. Bütün reaksiyon burada. 6 elektron, 14H<sup>+</sup>, Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>-2</sup>, 6Fe<sup>+2</sup>; diğer tarafta 2Cr<sup>+3</sup>, 7H<sub>2</sub>O, 6Fe<sup>+3</sup> ve 6 elektron. Elektronlar birbirini götürür. İkinci kere kontrol edelim. Burada matematiksel hatalar yapabiliriz. Bu noktada hata varsa tespit edelim. Eğer bir hata yaptıysanız reaksiyon denkleşmezdi. 14H-14H, 2Cr-2Cr, 7Oksijen-7 oksijen, 6Fe-6Fe. Yükler de eşitlenmiş olmalı. İkinci kez kontrol edin. Tamamsa işiniz bitmiştir. Bu bir asidik çözelti. İki taraftaki yük de +24. Bu bir asidik çözelti ve denklemde H<sup>+</sup> iyonları var.

Çözeltiler bazik de olabilir. Kitaplar bunun denkleştirme yöntemini farklı gösterirler. Benim sevdiğim en basit olanı. Bir önceki yöntemden yapmak ve daha sonra nötralle etmek. İki tarafa OH<sup>-</sup> eklemek. Sol tarafta 14H<sup>+</sup> var iki tarafa da 14 OH<sup>-</sup> eklemeliyiz. Dolayısıyla sol tarafta 14 sağ tarafta 7 H<sub>2</sub>O ve 14 OH<sup>-</sup> var. Suların bir miktarını götürmeliyiz. Solda 14 sağda 7 sonuç olarak solda 7 H<sub>2</sub>O var ve çözelti bazik ortamda. Asidik çözeltideki H<sup>+</sup> yerine artık bazik çözeltide OH<sup>-</sup> iyonları var. Yani aynı metodu kullanabilirsiniz. Bazı kitaplar bunu farklı yoldan yapar. Bence bu, en kolay yol. Toplama çıkarma hatası yapma ihtimali en az olanıdır. Bunlar bu ünitenin temel bilgileridir. Moleküle bakarak yükseltgenme basamaklarını bulabilmelisiniz. Reaksiyonu eşitleyebilmelisiniz. Bunları yapıyorsanız diğer aşamalara geçebilirsiniz. Burada iki ayrı denklem görülüyor. Biri asidik diğeri bazik çözeltide.

Bu noktada biraz tanıtım yapmak istiyorum. Gerçek hayattaki yükseltgenme –indirgenme kağıt üzerindeki kadar değil. Şimdi Dr.Taylor ve Dr.Paddychristie(?) tanıtımında bize yardımcı olacaklar.

Bu daha çok görsel bir şey, söylenecek fazla bir şey yok. Size magnezyumun yükseltgenmesini göstereceğiz. Yükseltgenme kaynağımız var, CO<sub>2</sub> kuru buz. Kuru buzun içine katı Mg koyuyoruz. Mg u yakıyoruz. Sonrasında ne olduğunu göreceksiniz. Reaksiyonun endotermik mi egzotermik mi olduğuna karar verebilirsiniz. Tekrar yapmamızı ister misiniz?

Yardımcılarıma teşekkürler. Yükseltgenme –indirgenme tepkimeleri çok ilginç olabilirler. Temel bilgileri öğrendiğimize göre elektrokimyasal pillerden, Faraday kanunundan bahsedebilir ve ,yapmayı sevdiğim bir şey, Gibbs serbest enerjisine geri dönebiliriz. Termokimya, kimyanın her yerindedir, ondan kaçamazsınız. Umarım bugünkü dersin sonunda Gibbs serbest enerjisine geri dönebiliriz.

Elektrokimyasal pil nedir? Spontane reaksiyonla elektrik akımı (bir devrede akan elektronlar) üreten ya da elektrik kullanarak spontane olmayan reaksiyon gerçekleştiren bir araçtır.

Batarya seri bağlanmış pillerden oluşan bir sistemdir. Bataryanın toplam voltajı pillerin toplam voltajıdır.

Nasıl göründüklerine bir bakalım. Burada basit bir versiyonun resmi var. İki tane beherimiz ve iki farklı çözeltimiz var. İki elektrot ve bir de tuz köprüsü var. Elektronlar hareket ettikçe ampermetrede akım okuyoruz. MIT öğrencileri şimdi çok şanslı. Notlarınız ve internet var. Ama eskiden öğrenciler gece çalışmak için batarya kurup elektrik üretmek zorundalardı. Ama şimdi sizler şanslısınız. Elektriğiniz ve onunla çalışan araçlarınız var.

Şimdi parçalara ayırıp inceleyelim. Burada benim çizdiğim güzel bir resim var. O yüzden önce daha güzel olan şemayı inceleyelim. Burada bir beher ve bir çözeltimiz var. Burada da bir beher daha var. İçlerinde birer

tane elektrot bulunuyor. Bir de tuz köprümüz ve üzerindeki voltajı ölçebileceğimiz bir tel var. Şimdi iki tarafta da neler olduğuna bir bakalım. Bir beherde yükseltgenme bir beherde indirgenme olacak. Ne olduğuna bakarsak; burada bir çinko sistemimiz var.  $Zn$ ,  $Zn^{+2}$  ye yükseltgeniyor. Bu şekil elektrotta ne olduğunu gösteriyor. Çinko katısı ve suda  $Zn^{+2}$  iyonları var. Bir çinko atomu çinko iyonuna dönüşürken yükseltgenme olur. Burada da reaksiyon denklemini görüyoruz. Çinko 2 elektron verir. Bu elektronlar diğer beherde giderler. Burada da katı bakır yani elektrotumuz yani katotumuz var. Çözeltideki  $Cu^{+2}$  iyonları  $Cu^0$  'a indirgeniyor. Burada indirgenme olur.  $Cu^{+2}$ ,  $Cu^0$  'a dönüşür. Yükseltgenmenin olduğu elektrot anottur. İndirgenmenin olduğu elektrot katottur. Bu reaksiyonlar gerçekleşirken iki taraftaki yük miktarı değişir. Burada tuz köprüsü devreye girer. Yüklerdeki değişimi nötralize etmek için negatif iyonlar ilk beherde girerler. Çünkü çözeltideki +2 yüklü iyonlar fazlalaşıyor. Diğer tarafta  $Cu^{+2}$  ler indirgendikçe tuz köprüsündeki  $K^+$  iyonları değişen yük miktarını dengelemek için çözeltiliye gelirler. Bunlar en basit elektrokimyasal pilin elemanlarıdır. Burada pili temsil eden bazı elemanlardan bahsedelim. Bir çinko elektrotumuz var. Çözeltide de  $Zn^{+2}$  iyonları var. Katı çinko ve onun iyonları arasına bir çizgi koyuyoruz. Bu çizgi faz farkını belirtir. Yani katıdan çözeltiliye geçişi gösterir. İki çizgi ise iki beherde olan yarı reaksiyonları ayırmak için kullanılır ve tuz köprüsünü temsil eder. Diğer tarafta da tek çizgi de faz farkını belirtir.  $Cu^{+2}$  iyonları, katı bakıra dönüşmüştür. Sistemden geçen yük miktarı harcanan çinko ve oluşan bakır miktarı ile orantılıdır. Bu Faraday kanunudur.

Burada ne olduğuna bakalım. Burada yükseltgenmeyi gösteren bir filmimiz var. Yeşil elektrotumuz çinkodur. Çözeltide su molekülleri var. Yükseltgenmede ne olduğuna bakalım. Çinko elektron verince  $Zn^{+2}$  iyonları oluşur. Oluşan  $Zn^{+2}$  iyonları su molekülleri tarafından tutulur. Burada çinko katısı zamanla azalır. Burada yükseltgenme gerçekleşiyor. Bu animasyondaki yalnız yeşil elektronları görmek çok güzel. Neler olduğunu görmüş olduk.

Katotta ne olur? İndirgenme.  $Cu^{+2}$  iyonlarımız var. Oluşan  $Cu$  katısı elektrotun üzerini kaplıyor. Mavi olan, elektrot. Su molekülleri var. Suda  $Cu^{+2}$  iyonları var, elektron aldığı anda indirgenerek elektrotun üzerini kaplıyorlar. Buna bir bakalım. Elektronlar geliyor. Oluşan  $Cu$  elektrotun bir parçası oluyor. Elektrotumuzu kaplıyoruz. Elektrotun miktarı artıyor. Bakır iyonları indirgeniyor ve elektrot üzerine kaplanıyor. Devreden geçen akım miktarı yani elektron sayısı iki elektrotta olan kimya ile doğru orantılıdır. Belirli bir miktar akımla çinko elektrotun ne kadar tükendiğini ya da ne kadar bakır katısı oluştuğunu bulabilirsiniz. Örneğin devreden bir saat süreyle 1 amper akım geçerse ne olur. Hesaplayalım. Sistemden ne

kadar yük geçtiğini bulmak için bu formülü kullanacağız.  $Q$ ; yük miktarı (coulomb) . Bunlar birimler, amper cinsinden akım (birimleri dönüştürmek için  $\text{amper}=\text{coulomb}/\text{saniye}$ ) \* zaman(saniye) eşittir. İşlemi yaparsak  $1 \text{ amper} * 3600 \text{ saniye}$  (1 saat) = 3600 coulomb devreden geçen yük miktarı . Bunu bildiğimize göre faraday sabitini kullanarak toplam yükün oluşması için devreden geçen elektron sayısının molünü bulabiliriz. Burada Faraday sabiti var. Birimi (mol/coulomb) böylece yük miktarını devreden geçen elektron – mol sayısına çevirebiliriz. Şimdi ne kadar çinko tüketildiğini ve ne kadar bakır oluştuğunu nasıl hesaplayabiliriz. Devreden geçen elektronun mol sayısını biliyoruz. Bir mol çinkonun tüketilebilmesi için kaç mol elektron geçmelidir? Ne düşündüğünüzü yüksek sesle söyleyebilirsiniz. Ne düşünüyorsunuz? 2 . doğru. Yani  $\text{Zn}^0$  ler  $\text{Zn}^{+2}$  'ye dönüşüyorlar. Yani bir tane çinko için 2 tane elektron gerekir. Şimdi çinkonun atom ağırlığına bakalım. Kaç gram olduğunu hesaplayalım. Aynı şeyi bakırla da yapabiliriz. 1 mol bakırın indirgenmesi için sistemden kaç mol elektron geçmelidir? Daha yüksek sesle .2. doğru. Peki atom ağırlığına bakalım. Çinkoya çok yakın. Hatta anlamlı rakam açısından aynı . Bu, çoğu şey için doğru olmaz. Bu problemler çok karışık değil.

Kullanılan elektrot türleri hakkında biraz daha konuşmak istiyorum. Elektrotumuz her zaman tükenmek ya da miktarı artmak zorunda değildir. Tepkimeye girmeyen bir element de kullanabilirsiniz platin gibi. Burada bir örnek var. Bu pilde Pt elektrot var. Elektrotun çözeltiye geçmesi yerine çözeltide iki farklı iyonunuz var. Bu farklı bir tür pil. Bu kimya için hangi denklemleri yazarız ve neler olur? Katotta ne olur yükseltgenme mi indirgenme mi? Bir konsensusa vardığımızı duyuyorum. Doğru, indirgenme. Bu, hatırlamanız gereken bir şey. Daha sonraki problemlerde önemli olacak. Cu katısı ve  $\text{Cu}^{+2}$  iyonu varken, sizce nasıl bir indirgenme reaksiyonu olur? Eğer indirgenme varsa; bu,  $\text{Cu}^{+2}$  iyonlarının Cu katısına indirgenmesidir. Daha önce yaptığımız reaksiyonun aynısı. Burada ne olur? Bu, anot ve anotta yükseltgenme reaksiyonu olur.  $\text{Cr}^{+2}$  ve  $\text{Cr}^{+3}$  lerden hangisi yükseltgenir? Ne, neye dönüşür?  $\text{Cr}^{+2}$  iyonları birer elektron vererek  $\text{Cr}^{+3}$  iyonlarına yükseltgenir. Yükseltgenme reaksiyonu budur.

Bu türdeki pillerde gerçekleşen reaksiyonların gösterimi nasıldır? Elektrot olarak Pt var, tek çizgi faz çizgisi, çözeltide  $\text{Cr}^{+2}$  ve  $\text{Cr}^{+3}$  iyonları var, aralarına virgül koyuyoruz. Bu, bir beherde gerçekleşen reaksiyonları gösteriyor. Çift çizgi tuz köprüsünü simgeliyor. Ve diğer beherde, Cu katısı ve  $\text{Cu}^{+2}$  iyonları var, aralarında bir çizgi var çünkü farklı fazdalar, katı ve sulu fazdalar. Burada iki tepkime denklemi görülüyor. Anotta  $\text{Cr}^{+2}$  iyonları birer elektron vererek  $\text{Cr}^{+3}$  iyonlarına dönüşür. Katotta  $\text{Cu}^{+2}$  iyonları ikişer elektron alarak Cu katısına dönüşür. İki tepkimeyi bu şekilde yazmalıyız. Başka bir elektrot türü de hidrojen elektrottur. Bu, çok kullanılan bir elektrottur. Standart indirgenme potansiyelleri

ya da redoks potansiyelleri (aynı şey) standart hidrojen elektrot yardımıyla hesaplanır. Kısaca S.H.E. diyeceğiz. S.H.E. ye göre hesaplandıysa ne demek olduğunu anlamalısınız; bu, standart hidrojen elektrot demektir. Burada farklılıklar var. Hidrojen elektrot anot ya da katot olarak kullanılabilir. Eğer katot olarak kullanıyorsanız,  $H^+$  iyonları indirgenir, anot kullanıyorsanız  $H_2$  yükseltgenir. Standart hidrojen elektrotta Pt çok kullanılır.

Buradaki resme bakalım. Burada bir cam silindir var,  $H_2$  pompalıyor. Aşağıdan kabarcıklar çıkıyor. HCl çözeltimiz var; bu, çözeltide  $H^+$  iyonları olduğunu gösterir. Bu beherde, hidrojen elektrot var. Diğer beherde daha tanıdık şeyler var. Daha önce gördüğümüz şeyler. Çinko katısı, çözeltide  $Zn^{+2}$  iyonları. Katotta tepkimenin gösterimi,  $H^+$  iyonları  $H_2$  na dönüşüyor bir de Pt elektrot var. Diğer tarafta da daha önce gördüğümüz şeyler var. Zn katısı  $Zn^{+2}$  iyonlarına dönüşüyor.

Bu üniteye karşınıza çıkacak farklı elektrot türlerini inceledik. Katotta ve anotta hangi reaksiyonların gerçekleştiğini hatırlamalısınız. Aynı anlama gelen pil potansiyeli, pil voltajı-sık sık emf olarak karşınıza çıkar- bunlardan kısaca bahsetmeliyim. Elektron akışı devredeki elektrotlar arasında potansiyel fark oluşturur. Bu  $\Delta G^0$  ile ilişkilendirilebilir. Denklem; elektron akışıyla oluşan potansiyel fark \* faraday sabiti\* elektron mol sayısından oluşuyor. Eksi işaretimiz var, bu da pilin serbest enerjisi. Bazı terimlerimiz var.  $\Delta E^0$ , pil potansiyelinin farklı isimleri var; pil voltajı, standart emf. Bunun için reaksiyona girenler ve çıkanlar standart fazlarında olmalı. Birimi voltur, bazen sorularda karşınıza milivolt olarak çıkabilir. Bir clicker sorusuyla dersi bitirelim. Ve bugünün clicker şampiyonlarını açıklayalım. Son 10 saniye. Çoğunuz bunu doğru anlamalısınız.