



FCHg!

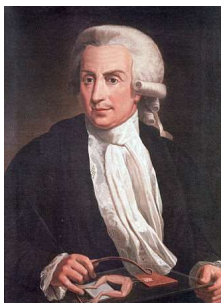
Discover
the energy
of hydrogen

Grzegorz Karwasz
Anna Kamińska

Nicolaus Copernicus Üniversitesi

Eğitim materyalleri: Ortaöğretim

Bölüm III: Volta Pili



Galvani ve (ölü) kurbağalar



Rys. 1. Schemat doświadczenia Volty ilustrujący połączenie dwóch różnych metali do nerwów i mięśnia żaby [2]



Rys. 2. Oryginalny szkic Galvaniego z 1782 roku [3]

Kończyny dolne z nerwami oraz rdzeń kręgowy żaby:
A – rdzeń kręgowy
B – kanał nerwowy
C – nerw kulszowy
D – kończyny dolne

Bringing electrical charge from electrostatic machine makes the muscle move.

Galvani's instructions how one should prepare the frog for electrical experiments

Bolognalı Luigi Galvani bir cerrahtı. Biraz önce ölen kurbağalar üzerinde yaptığı deneylerde (tahminlere göre*), çinko bir tabakta bulunan kurbağanın sinirlerine gümüş bir bıçakla dokunduğunda hareket ettiğini fark etmiştir.

"Hayvan elektriğinin" üçüncü tür elektrik olduğunu (ne camdan ne sudan) belirtmiştir. Bu keşif devrim gibi bir keşifti ama Pavialı Alessandro Volta bu duruma başka bir açıklama getirmiştir. "Elektriğin" kaynağı hayvanlar değil, metallerdir.

*Galvani, elektrostatik makinede kıvılcım meydana geldiğinde ya da şimşekli fırtınalar sırasında kurbağaların hareket ettiklerini yazmıştır. Elektromanyetik dalgalar kasların gerilmesine neden olmuştur.

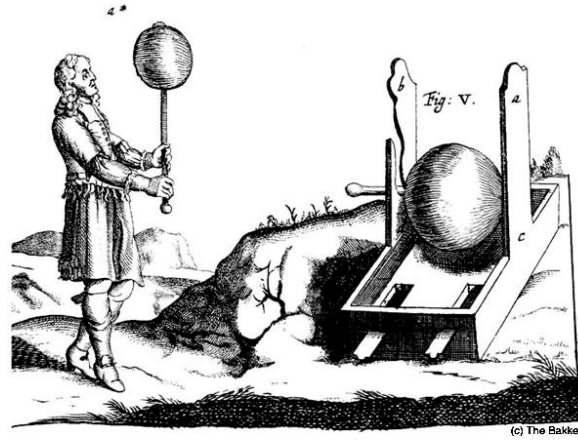


17. yüzyılda elektrik

aristokratların eğlence için kullandığı bir fenomendi



Rys. 1. Salonowe zabawy w XVII wieku. Pani, zawieszona na izolujących linach elektryzuje się dotykając prawą dłońią maszyny elektrostatycznej von Guericke. Pan, podając jej rękę, przeżywa mały wstrząs (elektryczny)



Milattan önce 500'lü yıllarda yaşayan **Miletli Thales**, kehribarın (Yunancada *elektron* olarak adlandırılır) elektriksel özelliklerini tespit etmiştir.

17. yüzyılda kükürt veya cam toplarla deneyler yapılmaktaydı. Hafif bir kız ipek ile yerden izole edildiğinde sürtünme yoluyla "elektrik" üretilmekteydi ve sonuç olarak büyük kıvılcımlar meydana gelmekteydi.

Robert Symmer (1707-1763) üst üste giydiği beyaz ve siyah (yün ve ipek) çoraplarının elektrikleştiğini gözlemlemiştir.

Benjamin Franklin ise leyden kavanozu (kondansatör) ile yıldırımın elektriğini yakalamayı başarmıştır.

Volta ile elektrik aktı ...

Wystawa "Ogniwo Volty"



Dwusetna rocznica wynalezienia przez Aleksandra Voltę ogniwa ("voltaicznego", zwanego też stosem Volty) skłoniła nas do zaproponowania kilku doświadczeń, które niejako odtwarzają historyczne etapy odkryć w dziedzinie sposobów wytwarzania "elektryczności". Jest to propozycja dla nauczyciela fizyki w gimnazjum lub szkole średniej, jak w prosty sposób, bez większych wkładów pieniężnych, wzbogacić pracownię o nowe pokazy ilustrujące zjawiska z elektrostatyki, zasady działania ogniw galwanicznych i fotowoltaicznych.

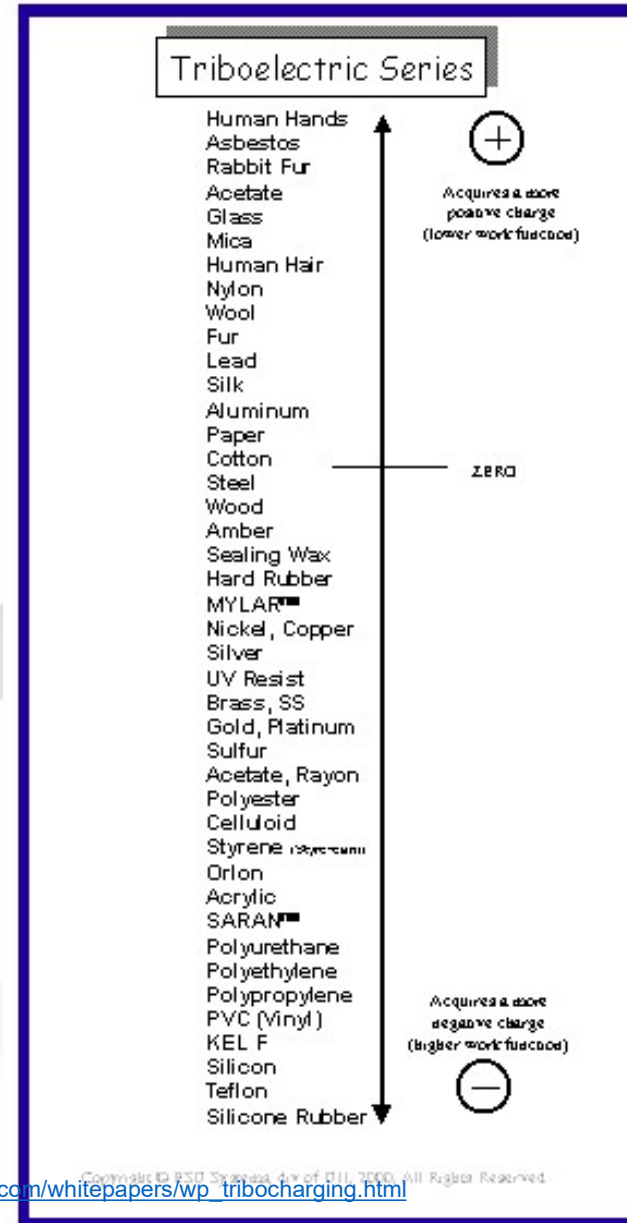


"Volta Pila" interaktywne serwis, Słupsk, 2001
dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/zrodla/ogniwa.html

Comolu okul müfettişi
 Alessandro Volta Pavia'da
 fizik profesörlüğü yapmıştır.
 Çalışmaları sırasında çeşitli
 malzemeleri incelemiştir.

Camdan ipeğe, kükürtten
 reçineye birçok malzemenin
 sistematik bir
 sınıflandırmasını yapmıştır.

İki yassı metal levha
 arasındaki elektriksel güçleri
 ölçen ilk kişidir. *Gerilim* olarak
 da adlandırılan *elektrik*
potansiyeli bu şekilde
 tanımlanmıştır. Birimi *volt* olan
 gerilim, *voltmetre* ile ölçülür.



„1799... E la corrente fu. Duecento anni dalla pila di Volta”, Università' di Pavia

This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) under grant agreement No 826246. http://www.esdsystems.com/whitepapers/wp_tribocharging.html
 The JU receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Italy, Denmark, Poland, Germany, Switzerland.

Copyright © ESD Systems, Inc. of D.H. 2000. All Rights Reserved.

1799'da Volta Sg ve Ag madeni paraları kullanarak pil yaptı... FCHgo!

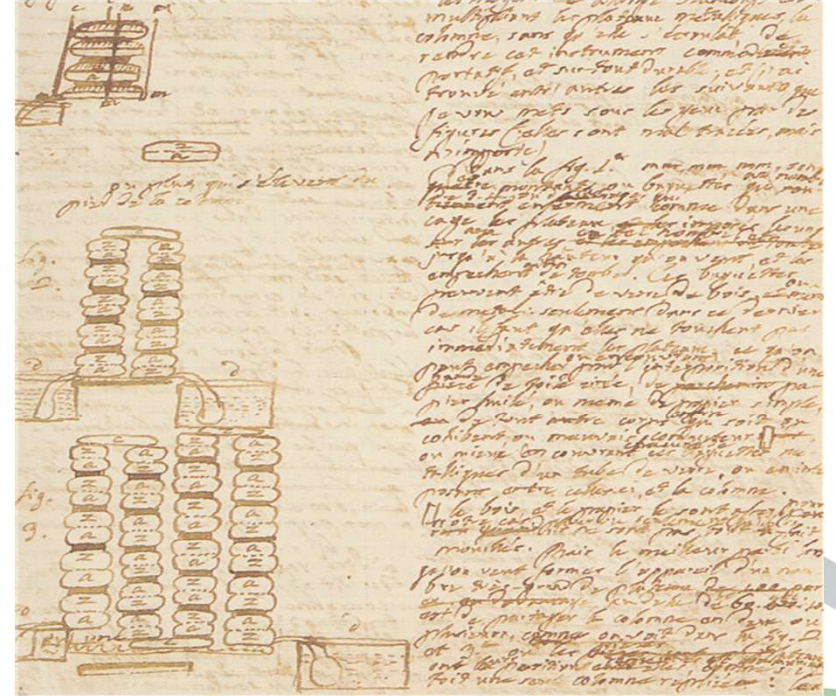
Discover the energy of hydrogen



Orijinal Volta pili, Volta'nın Como'da bulunan mozolesinde (foto GK).



Volta pili dahilinde "kimyasal enerjinin" elektrik enerjisine dönüştürülmesi işlemi oldukça verimlidir. 25 yıldır çalışan bu saatin içerisinde küçük bir Ag pil bulunmaktadır. Sıvı kristal ekran çok az enerji harcar.

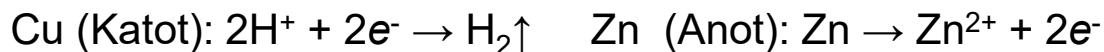
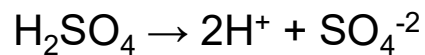


Volta'nın 1800 yılında yazdığı mektup bu madeni para "yığınının" açıklamaktadır. Her para çiftini birbirinden tuzlu suda ıslatılmış bir parça kağıt ayırmaktadır.



This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) under grant agreement No 826246. The JU receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Italy, Denmark, Poland, Germany, Switzerland.

Elektrokimyasal reaksiyonlar



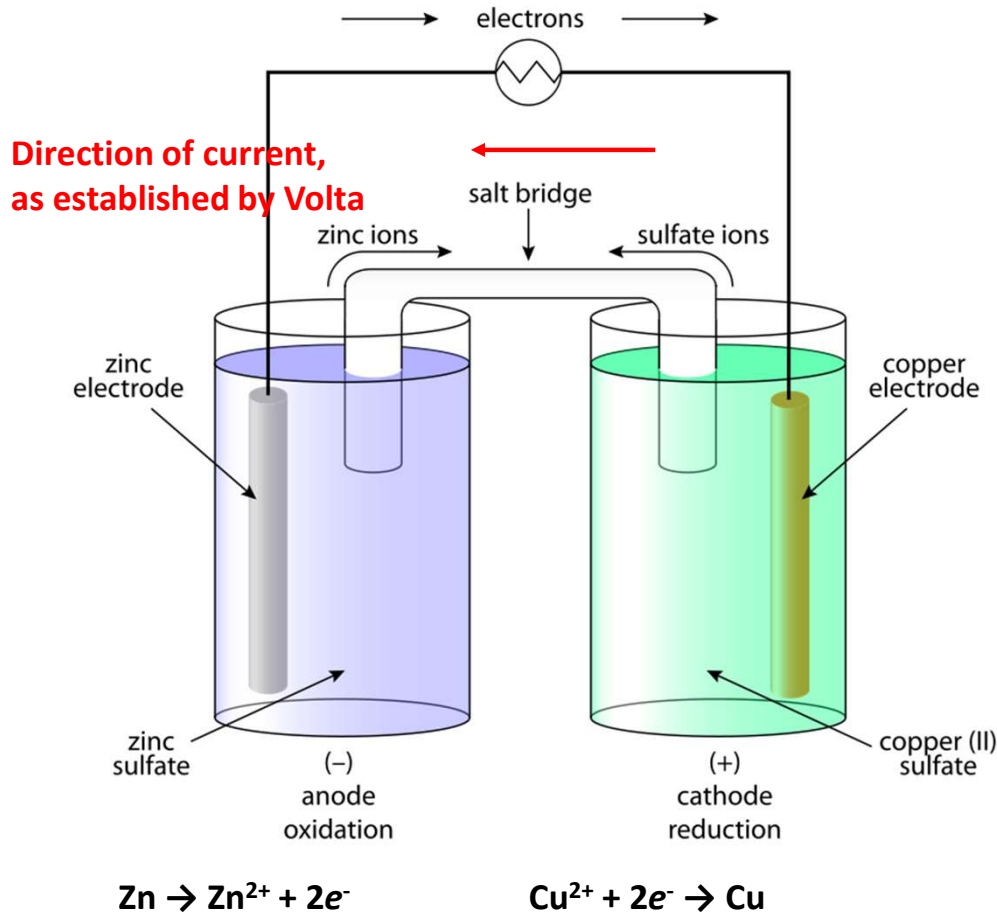
Volta pilinin çalışma prensibi: Çinko atomu oksitlenme reaksiyonu sonucunda iki elektron kaybeder: $\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$ (oksitlenme anotta, negatif elektrotta meydana gelir).

Bu elektronlar iletken çözeltildeki su molekülleriyle reaksiyona girerler: $2\text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{HO}^- + \text{H}_2$ (pozitif elektrot olan katottaki indirgeme reaksiyonu).

Meydana gelen redoks reaksiyonu sırasında potansiyel ve akım farkları oluşmaktadır. Hidrojen oluşturulurken çinko levha kademeli olarak kullanılmaktadır.

H^+ indirgenmediğinden Volta pilinin potansiyeli 1,2 V'tan daha düşüktür: hidrojen gazı salınmaktadır.

Daniell pili (1837)



Volta pilinin ve genel olarak elektrokimyasal reaksiyonların sorunu bu reaksiyonların beklendiği gibi seyretmemeleridir.

Zn/Cu çiftinde *beklenen* potansiyel değeri 0,4 V (Cu) + 0,8V (Zn) = 1,2 V'tur.

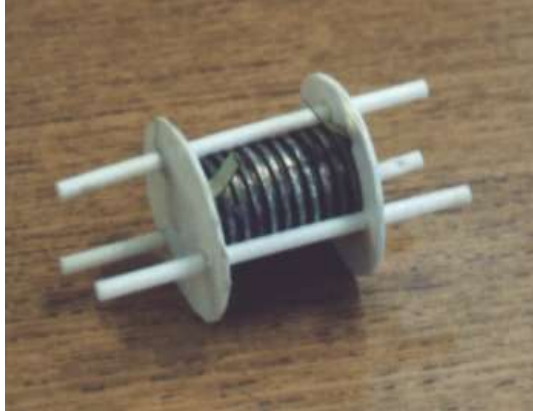
Ama Volta pilinde Cu^{2+} iyonlarının indirgemesinde ($Cu^{2+} + 2e^- \rightarrow Cu$) ziyade $H^+ + e^- \rightarrow H$ reaksiyonu görüldüğünden potansiyel sadece 0,8 V olmaktadır.

Potansiyelin düşük olmasının yanı sıra elektrot (katot) üzerinde H_2 gazı baloncukları oluşmaktadır.

Bunu engellemek için H^+ akışının durdurulması gerekmektedir ancak elektrik devresi kapalı kalmalıdır. Dolayısıyla, reaksiyonu etkilemeyen K^+ i NO_3^- gibi iyonlardan oluşan bir "tuz köprüsü" kullanılmaktadır.

https://www.methodephysique.fr/piles_daniell/

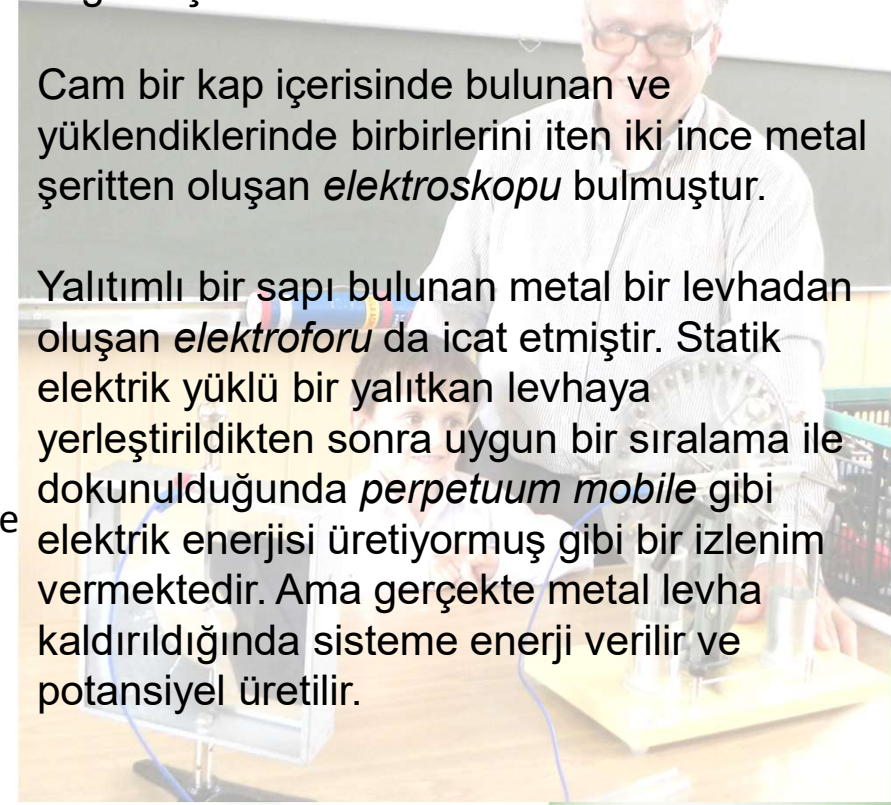
Volta gerilimi nasıl ölçmüştür? Volt olarak mı?



Volta elektrokimyasal pili bulmasının yanı sıra elektrostatik biliminin gelişimini de sağlamıştır.

Cam bir kap içerisinde bulunan ve yüklendiklerinde birbirlerini iten iki ince metal şeritten oluşan *elektroskopu* bulmuştur.

Yalıtımlı bir sapı bulunan metal bir levhadan oluşan *elektroforu* da icat etmiştir. Statik elektrik yüklü bir yalıtkan levhaya yerleştirildikten sonra uygun bir sıralama ile dokunulduğunda *perpetuum mobile* gibi elektrik enerjisi üretiyormuş gibi bir izlenim vermektedir. Ama gerçekte metal levha kaldırıldığında sisteme enerji verilir ve potansiyel üretilir.



Volta'nın çalışmalarından esinlenen ev/okul deneyleri (soldan sağa):
- Volta elektroskopu: Cam bir kavanoz içerisinde iki metal şerit
- Yün paltodan çıkarılan ipek atkının iki ucu birbirlerini iter
-Eski madeni paralardan (Al ve Ni) ve tuzlu suda ıslatılmış kağıt parçalarından yapılan pil; alüminyum folyo parçaları kullanılarak aynı pilin Euro sent paralar ile yapılması mümkündür.

Yanda: Kalem tıraştan yapılan pil:
Al ve paslanmaz çelik
ve bardakta elektroskop



Yukarıda: Elektrostatik makinesinin geriliminin ölçülmesinde kullanılan Volta elektroskopu



This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) under grant agreement No 826246. The JU receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Italy, Denmark, Poland, Germany, Switzerland.

Romagnosi (1802) ve Ørsted (1817)

S. Stringari, R. R. Wilson
Rend. Fis. Acc. Lincei
s. 9, v. 11:115-136 (2000)

Trento, 3 Agosto, 1802

Preparata la pila del Sig. Volta composta di piastrine rotonde di rame, e zinco alternate con un frapposto interstizio di flanella umettata con acqua impregnata di una soluzione di Sale Ammoniacco, attaccò alla pila medesima un filo di argento inodato a diversi intervalli a modo di catena. L'ultima articolazione di detta catena passava per un tubo di vetro, dall'estremità inferiore del quale sporgeva un bottone pure d'argento unito alla detta catena.

Ciò fatto prese un ago calamitato ordinario fatto a modo di bussola nautica incastrato in mezzo d'un'asse di legno quadrato, e levatone il cristallo che lo copriva, lo pose sopra d'un isolatore di vetro, in vicinanza della pila suddetta.

Dato indi di piglio alla catena di argento, e presala pel tubo di vetro suddetto ne applicò la estremità o bottone all'ago magnetico, e tenutala a contatto per lo spazio di pochi secondi, fece divergere l'ago dalla direzione polare per alcuni gradi. Levata la catena di argento l'ago gradi. Levata la catena di argento l'ago

Elektrikle uğraşmak oldukça pahalı bir hobiydi. Gümüş paradan yapılan pillere ihtiyaç vardı. Kuzey İtalya'da bulunan Rovereto şehrinde avukatlık yapan Romagnosi 1802 yılında yaptığı deney hakkında yazmıştır. Yuvarlak bakır ve çinko levhalardan oluşan çiftlerin arasına amonyak suyuyla ıslattığı bez parçaları yerleştirmiş, pilin uçlarını ise gümüş bir telle birleştirmiştir.

Kıvılcımların yanı sıra, pilden gelen elektriğin aktığı tele yaklaştırdığında pusulanın ibresinin döndüğünü gözlemlemiştir.

Yaklaşık yirmi yıl sonra benzer bir deneyi Ørsted gerçekleştirmiştir. Ancak Romagnosi unutulmuştur.

<http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/zabawki/files/zrodla/Romagnosi.pdf>

This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) under grant agreement No 826246. The JU receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Italy, Denmark, Poland, Germany, Switzerland.



Volta's electrochemical series

$\text{Li}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Li}(\text{s})$	-3,04
$2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$	-0,828
$\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{s})$	-0,762
$\text{PbO}(\text{s}) + \text{H}_2\text{O} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s}) + 2\text{OH}^-$	-0,576
$\text{Fe}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Fe}(\text{s})$	-0,41
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	-0,14
$\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}(\text{s})$	-0,13
$2\text{H}^+(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2(\text{g})$	0,00
$\text{Sn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Sn}(\text{s})$	0,14
$\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	0,34
$\text{Ag}^+(\text{aq}) + \text{e}^- \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$	0,80
$\text{F}_2(\text{g}) + 2\text{e}^- \rightarrow 2\text{F}^-(\text{aq})$	2,87

Ders kitaplarında genelde Volta'nın aşağıdaki gerilim diziliminden bahsedilir: En negatif olan element Li'dir. Al, Zn ve Fe negatif, hidrojen referans noktası, Cu, Ag ve Au ise pozitifdir.

Li	Al	Zn	Fe	Sn	H ₂	Cu	Ag	Au	O ₂
-3.04	-1.66	-0.76	-0.44	-0.13	0	+0.34	+0.80	+1.23	+1.83



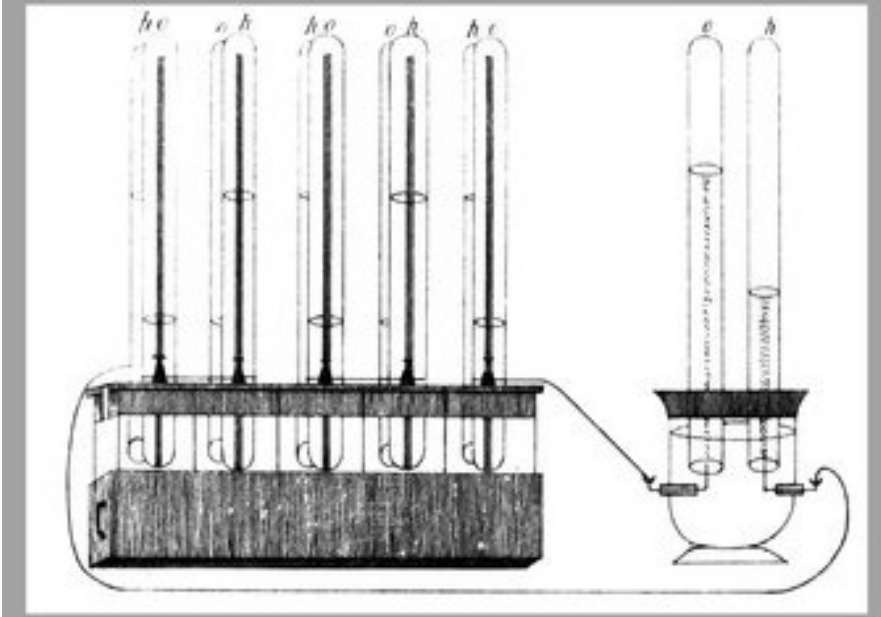
Daha ayrıntılı bir tablo (Vikipedi'den alınmış olan tablonun kaynağı ciddi bilimsel çalışmalardır) sol tarafta görülebilir. Oluşturulan elektrokimyasal potansiyeli sadece metalin türü belirlemez. İyon reaksiyonunun türü, yani "oksitlenme" seviyesi de önemlidir. Dolayısıyla, Cu⁺ ve Cu²⁺ iyonlarıyla reaksiyon farklı potansiyeller ortaya çıkarır.



Source: [https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_electrode_potential_\(data_page\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Standard_electrode_potential_(data_page))

This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) under grant agreement No 826246. The JU receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Italy, Denmark, Poland, Germany, Switzerland.

Grove'un hidrojen yakıt hücresi



Bu çizim William Grove tarafından 1843 yılında yayınlanmıştır.

Beş H/O hücresi tarafından üretilen elektrik ile elektroliz işlemi beslenmektedir (sağ taraftaki hücre).

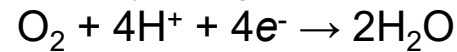
Zn ve Cu'un yanı sıra hidrojen ve oksijen de dahil olmak üzere farklı metaller (ve ametaller) kullanılabilir.

William Grove "yakıt hücresini" kazara keşfetmiştir. Suyun elektrolizi sırasında elektrotların elektrik bağlantısını kesmiş ve akımın "ters" yönde aktığını gözlemlemiştir.

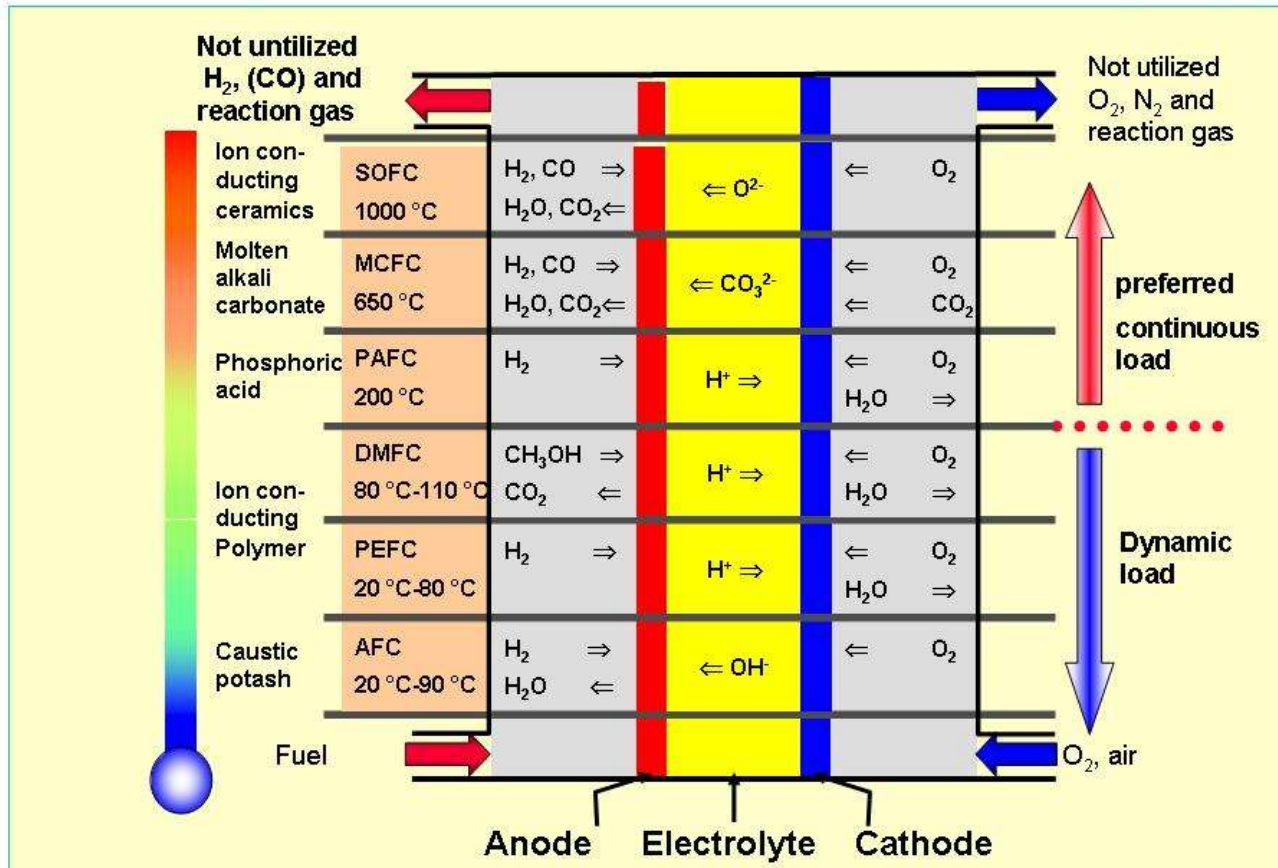
Elektrotlardaki reaksiyonlar:



Elektronlar, iletken boyunca katot olarak adlandırılan pozitif elektroda doğru akarken H^+ iyonları çözeltide hareket ederek katotta reaksiyona girerler:

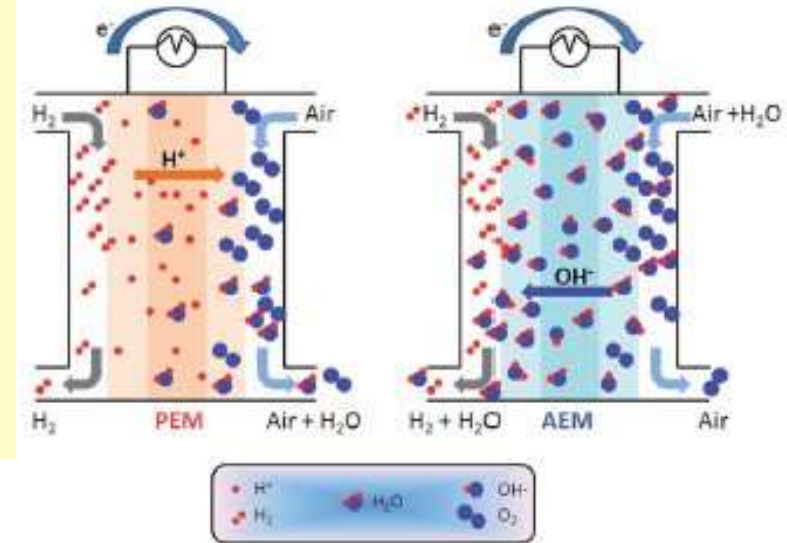


Hidrojenin (ve oksijenin) suya verilmesi bir sorun teşkil etmektedir. Bunun için koloidal Pt (nano yapılı) gibi "iyi bilinen" katalizörler kullanılmaktadır.



Polimer membranlı (PEM) hücrelerde H^+ iyonları nafion yardımıyla ayrı bir membran üzerinde taşınmaktadır. Alkali (AEM) hücrelerde (Apollo görevlerinde kullanılmıştır) OH^- iyonları taşınmaktadır.

J. R. Varcoe et al.. *Energy Environ. Sci.* 2014, 7. 3135



Courtesy: Dr Johannes Töpler, Deutscher Wasserstoff-und Brennstoffzellenverband

Fig. 4 Schematic comparison of a proton exchange membrane fuel cell (PEMFC, left) and an alkaline polymer electrolyte fuel cell (APEFC, right) that are supplied with H_2 and air.¹²⁰

Elektrostatığı bile anlamıyoruz

Faraday Discussions

Cite this: DOI: 10.1039/c3fd00118k



PAPER

View Article Online
View Journal

Triboelectricity in insulating polymers: evidence for a mechanochemical mechanism

Lia Beraldo da Silveira Balestrin,^a Douglas Del Duque,^a Douglas Soares da Silva^a and Fernando Galembeck^{ab}

Received 4th December 2013, Accepted 17th February 2014

DOI: 10.1039/c3fd00118k

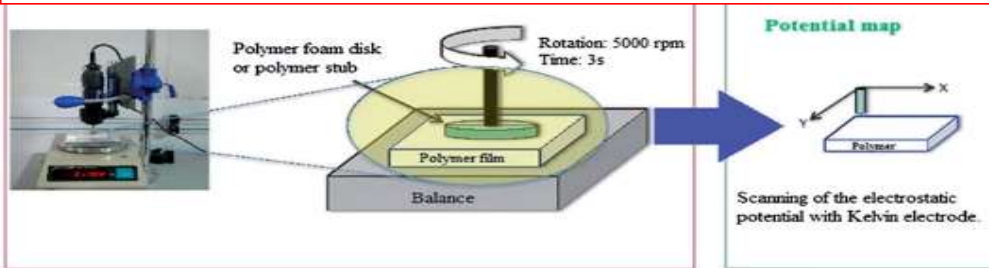


Fig. 1 Experimental sketch of a tribocharging experiment.

Faraday Discuss.

This journal is © The Royal Society of Chemistry 2014

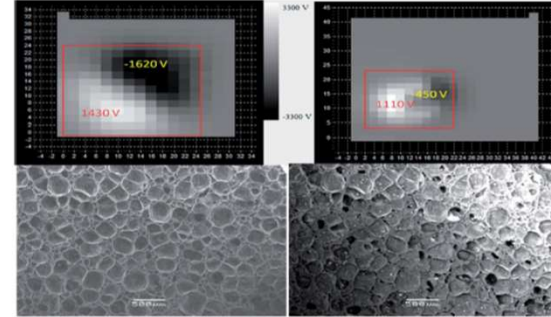
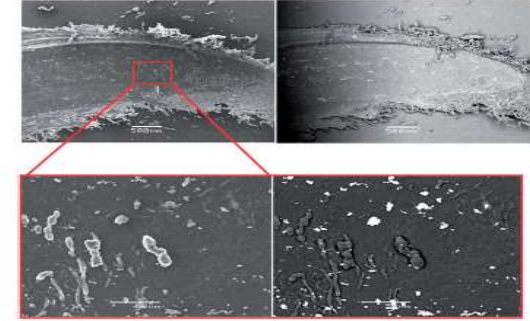


Fig. 2 (Top) Electrostatic potential maps of PTFE film (left) sheared with LDPE foam slabs (right). The average potential of the positive and negative region of each material is printed in the respective area. (Bottom left) SEI micrograph of a negative area of sheared LDPE foam. (Bottom right) BEI micrograph of the same area.

FCHgo!
Discover the energy of hydrogen



Yüzyıllardır gerçekleştirilen araştırmalara rağmen Volta olguları tam olarak açıklanmamıştır.

Burada gösterilen makalenin yazarları, triboelektrik süreçlerde (sürtünme ile elektriklenme) bir malzemenin parçalarının diğer malzemeye ne şekilde taşındıklarını modern bir mikroskop altında incelemişlerdir.

Bir sonraki sayfada ise bilim insanlarının metal-su temasındaki potansiyelleri nasıl açıkladıklarını göreceğiz.



This project has received funding from the Fuel Cells and Hydrogen 2 Joint Undertaking (JU) under grant agreement No 826246. The JU receives support from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and Italy, Denmark, Poland, Germany, Switzerland.

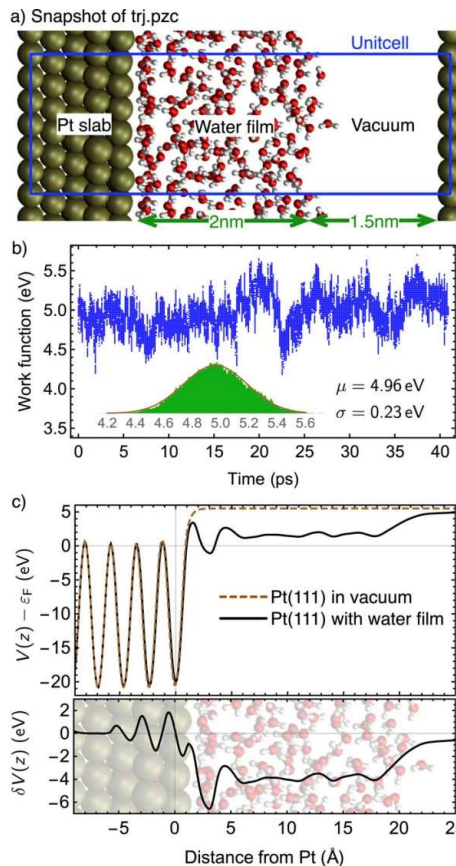
Volta potansiyelini açıklamak için ilk girişimler

The electric double layer at metal-water interfaces revisited based on a charge polarization scheme

Cite as: J. Chem. Phys. **149**, 084705 (2018); <https://doi.org/10.1063/1.5040056>
Submitted: 14 May 2018 . Accepted: 29 July 2018 . Published Online: 28 August 2018

Sung Sakong , and Axel Groß 

„The description of electrode-electrolyte interfaces is based on the concept of the formation of an electric double layer. This concept was derived from continuum theories extended by introducing point charge distributions. Based on *ab initio* molecular dynamics simulations, we analyze the electric double layer in an approach beyond the point charge scheme by instead assessing charge polarizations at electrochemical metal-water interfaces from first principles. We show that the atomic structure of water layers at room temperature leads to an oscillatory behavior of the averaged electrostatic potential. We address the relation between the polarization distribution at the interface and the extent of the electric double layer and subsequently derive the electrode potential from the charge polarization.”



Deney: Elektroliz

Gerekli malzemeler:

- Düşük gerilimli (0-10 V) ama yüksek akımlı (1 A) güç kaynağı, timsah ağızlı klipsli iki kablo,
- Elektrot olarak kullanılacak 2 parça alüminyum folyo (1 cm x 1 cm)
- Mümkünse dikdörtgen şekilli cam kap (yaklaşık yarım litre)
- Distile su + tuz (NaCl)
- Voltmetre

İşlemler:

1. Bardağın dörtte üçünü su ile doldurun, alüminyum şeritleri, timsah klipslerle tutarak suya daldırın,
 - Kabloları güç kaynağına bağlayın ve kablolar arasına akım ölçme moduna getirdiğiniz voltmetreyi yerleştirin, güç kaynağının gerilimini 0 V olarak ayarlayın ve güç kaynağını açın,
 - gerilimi 0,1 V aralıklarla artırın, akımı ölçün, elektrotları gözlemleyin;
 - gerilim artışını 3 V'ta durdurun.
2. Suya bir miktar (1 çay kaşığı) tuz ekleyin ve akımı tekrar ölçün.
 - Elektrotlar üzerinde biriken gazın miktarını tespit etmeye çalışın

Her iki durum için (tuzlu su ve tuzsuz su) akım - gerilim grafiklerini çizin.
Oluşan gaz için benzer bir grafik çizmeye çalışın.
Bulgularınızı not edin.



Başka eğlenceli deneylerin yapılması da mümkündür...

Gerekli malzemeler:

- Zn (veya Fe) ve Cu levhalar
 - kablo (Cu)
 - Voltmetre
 - elleri terleyen birkaç öğrenci.
- Yandaki resimde Toruñlu öğrenciler

Yapılacak şey:

- Kapalı elektrik devresi ("kabloya dokunma sadece metal parçalara dokun")

Beklenen sonuç: Eğlence!

