



T.C. ENERJİ VE TABİİ
KAYNAKLAR BAKANLIĞI

Güneş Işığı Kullanılarak Sudan Hidrojen Üretimi

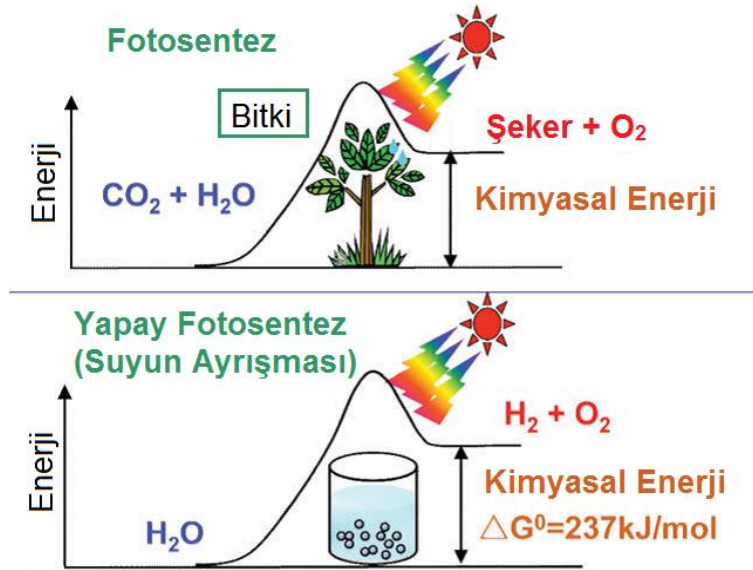
Dr. Emre ASLAN

Selçuk Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyokimya Bölümü

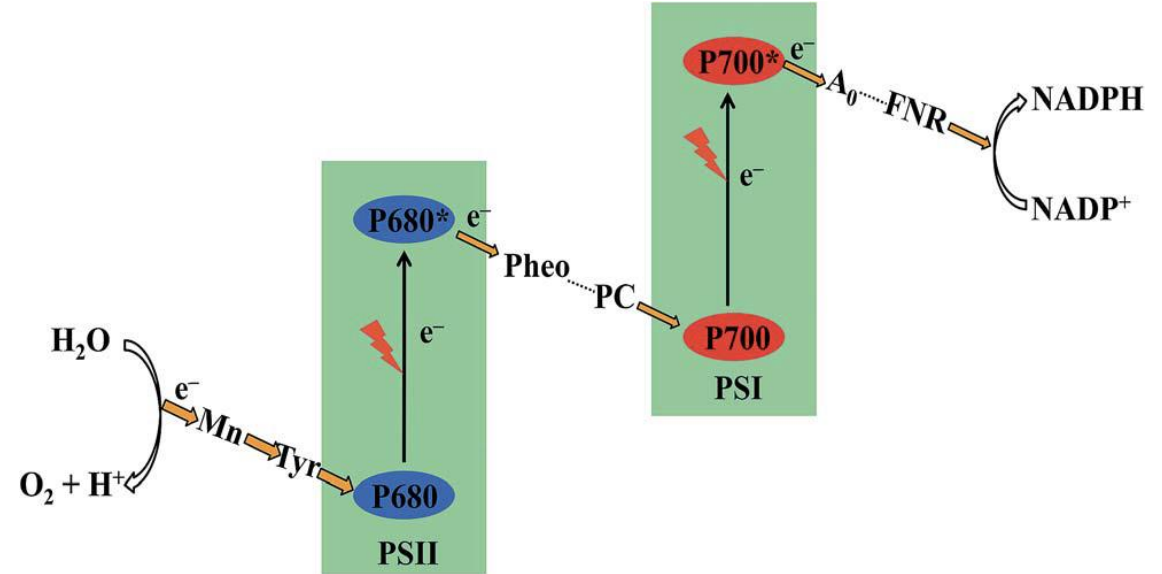
Sunuş

- Doğal ve yapay fotosentez
- Fotokatalitik hidrojen üretimi
- Fotoelektrokimyasal hidrojen üretimi
- Biz ne yaptık
- Gelecek vizyonu

Doğal Fotosentez

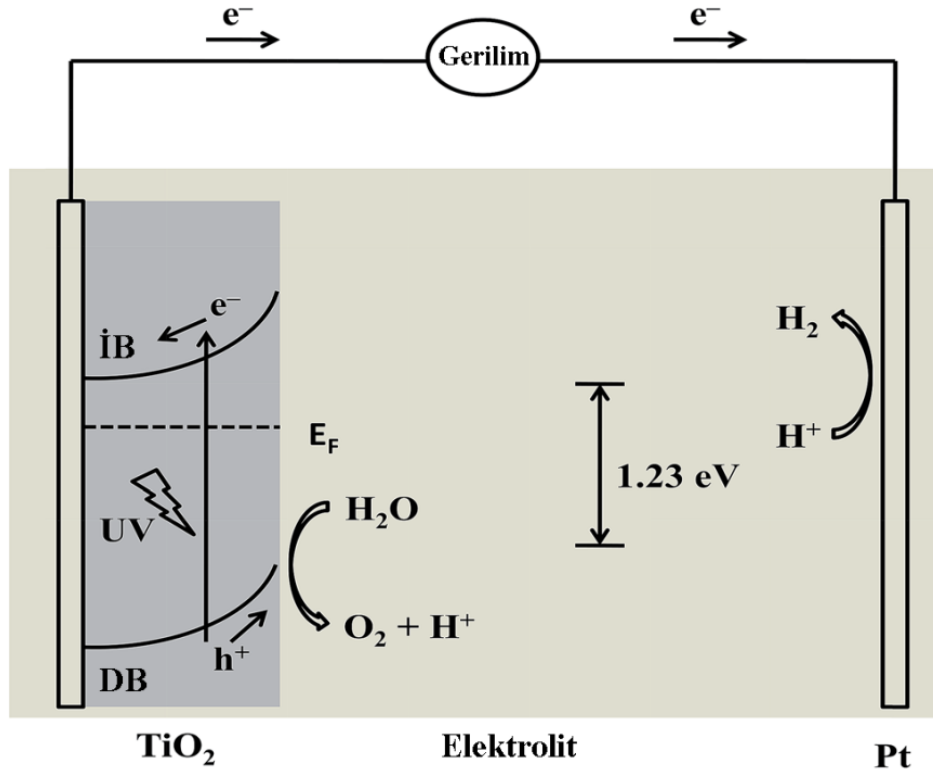


Klorofil taşıyan bitkiler tarafından fotosentez ve bir fotokatalizör varlığında suyun fotokatalitik ayrışması reaksiyonu (yapay fotosentez)

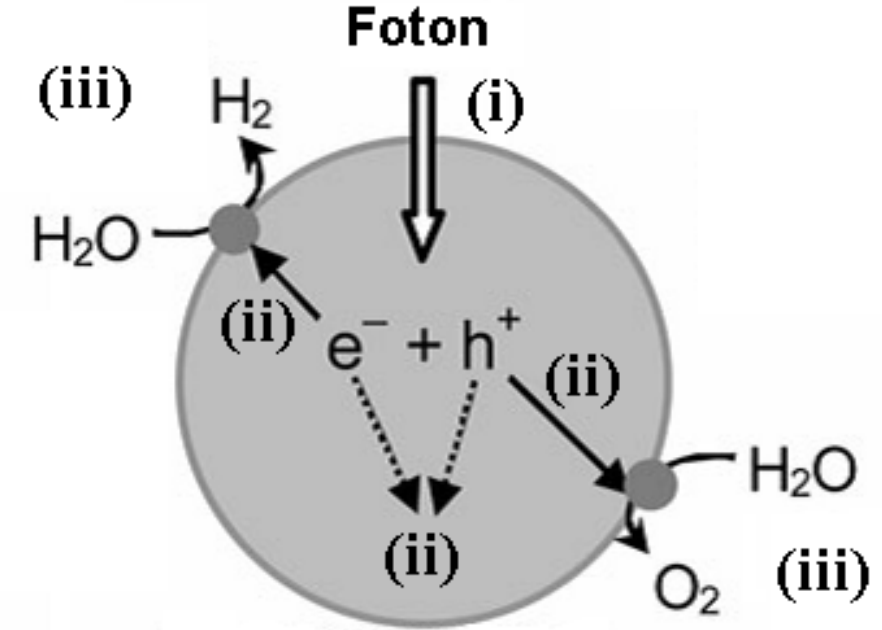


Doğal fotosentezin Z şeması olarak isimlendirilen mekanizması

Yapay Fotosentez



TiO_2 fotoanot kullanılmasıyla suyun fotoelektrokimyasal ayrışmasının örnek diyagramı



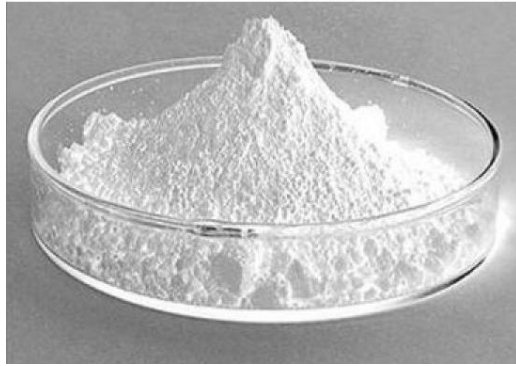
Fotokatalitik olarak suyun ayrışmasından H_2 ve O_2 gazlarının oluşumunun şematik gösterimi

Fotokatalitik Hidrojen Üretimi

• TiO_2

Avantajları

- Kararlı,
- Korozyon olmaması,
- Çevre dostu,
- Bol bulunan,
- Ucuz



Dezavantajları

- Geniş band aralığı (≥ 3 eV),
- Yüksek rekombinasyon oranı,
- Düşük fotokatalitik aktivite

- 1) Yardımcı katalizörler kullanılması
- 2) TiO_2 'in boya ile duyarlı hale getirilerek görünür bölge ışığının absorpsiyonun sağlanması

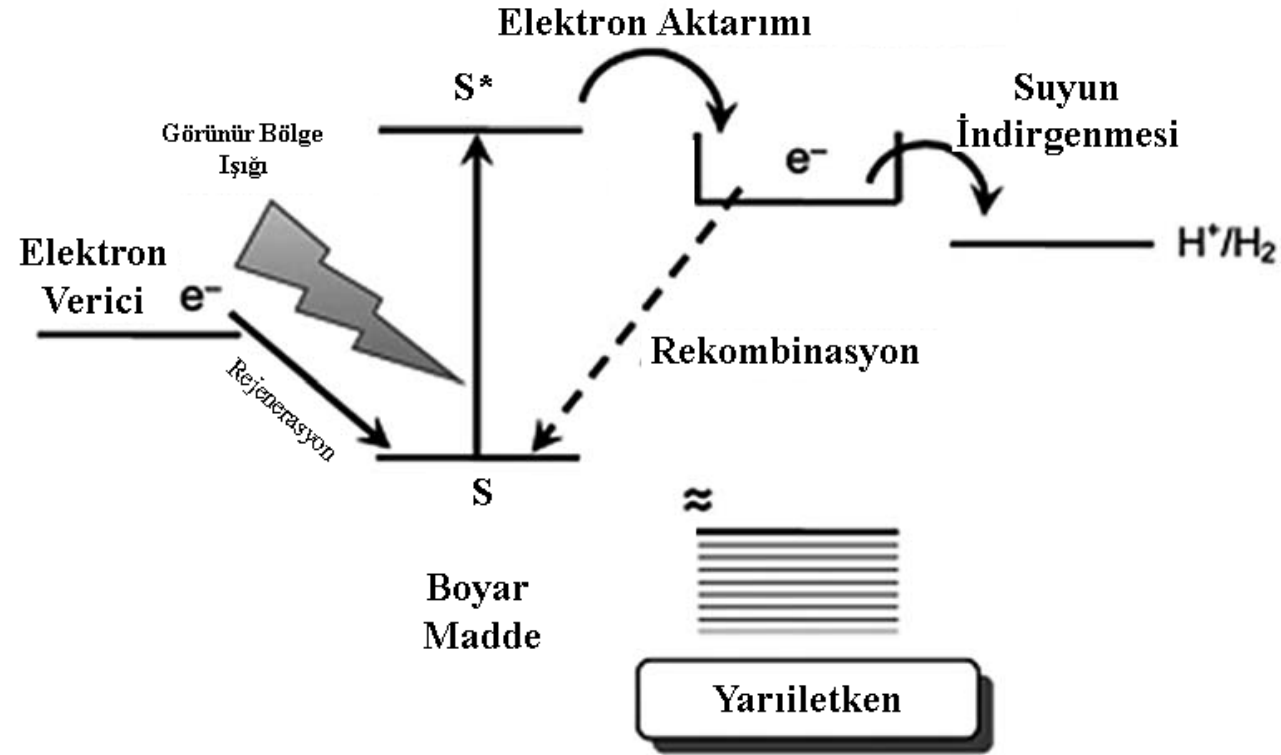
Yardımcı Katalizör Kullanımı

- Yüksek kimyasal kararlılığa sahip olmalı
- Elektrokimyasal band seviyeleri suyun indirgenme potansiyeline uygun olmalı
- Işıkla uyarılmış elektronu rekombinasyona uğramadan yarıiletkeninden ayırabilmeli
- Suyun indirgenmesindeki potansiyeli düşürebilmeli
- Toksik olmamalı
- Ucuz olmalı

Boyar Madde Kullanımı

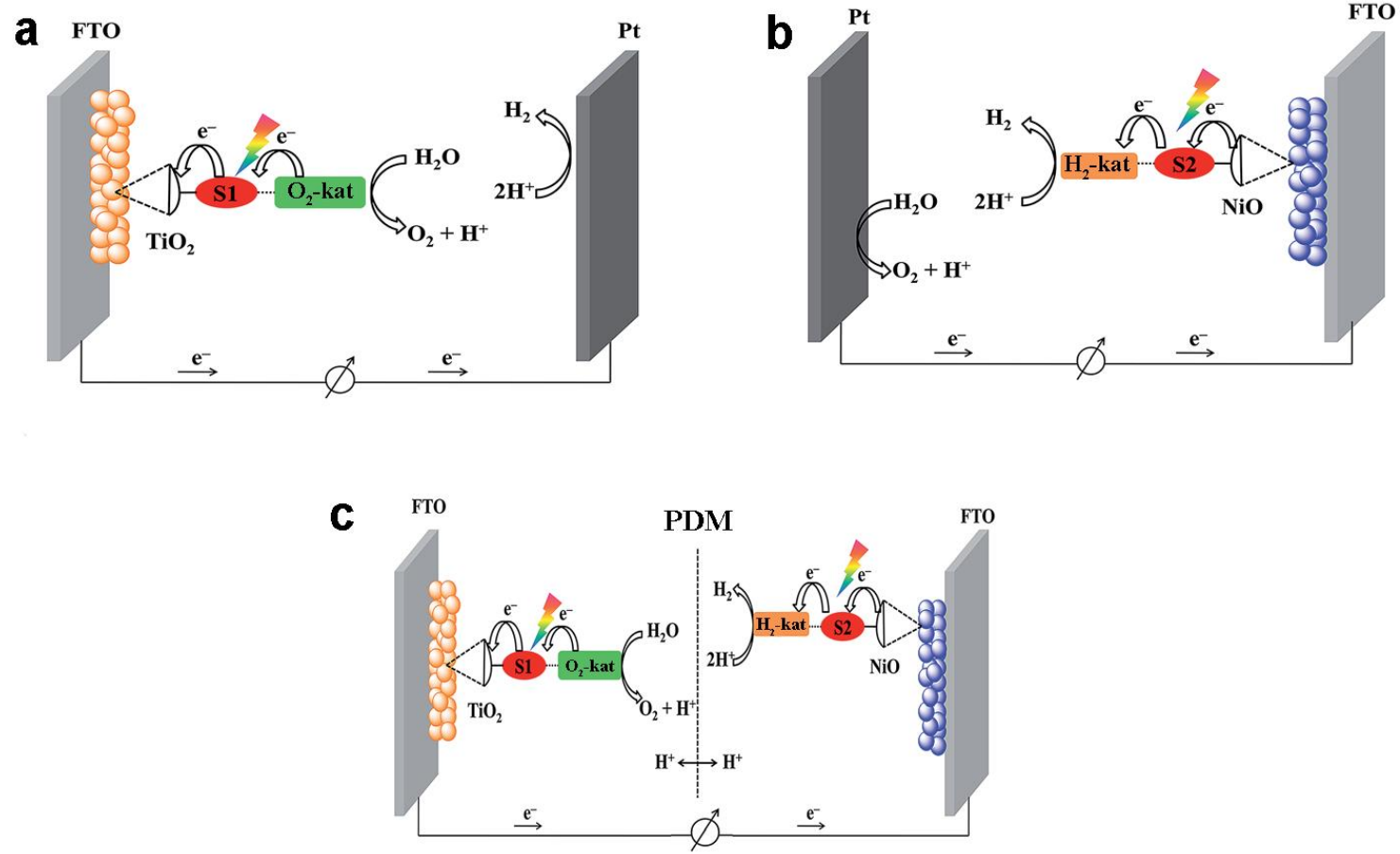
- Geniş bir spektral bölgede absorpsiyon yapabilmelidir (ideal olarak görünür bölgenin tümü),
- LUMO seviyesi kullanılan yarıiletkenin iletkenlik bandından daha negatif seviyede olmalıdır,
- Görünür ışık altında uzun süre kararlılık gösterebilmelidir,
- Maliyeti düşük olmalıdır.

Fotokatalitik Hidrojen Üretimi



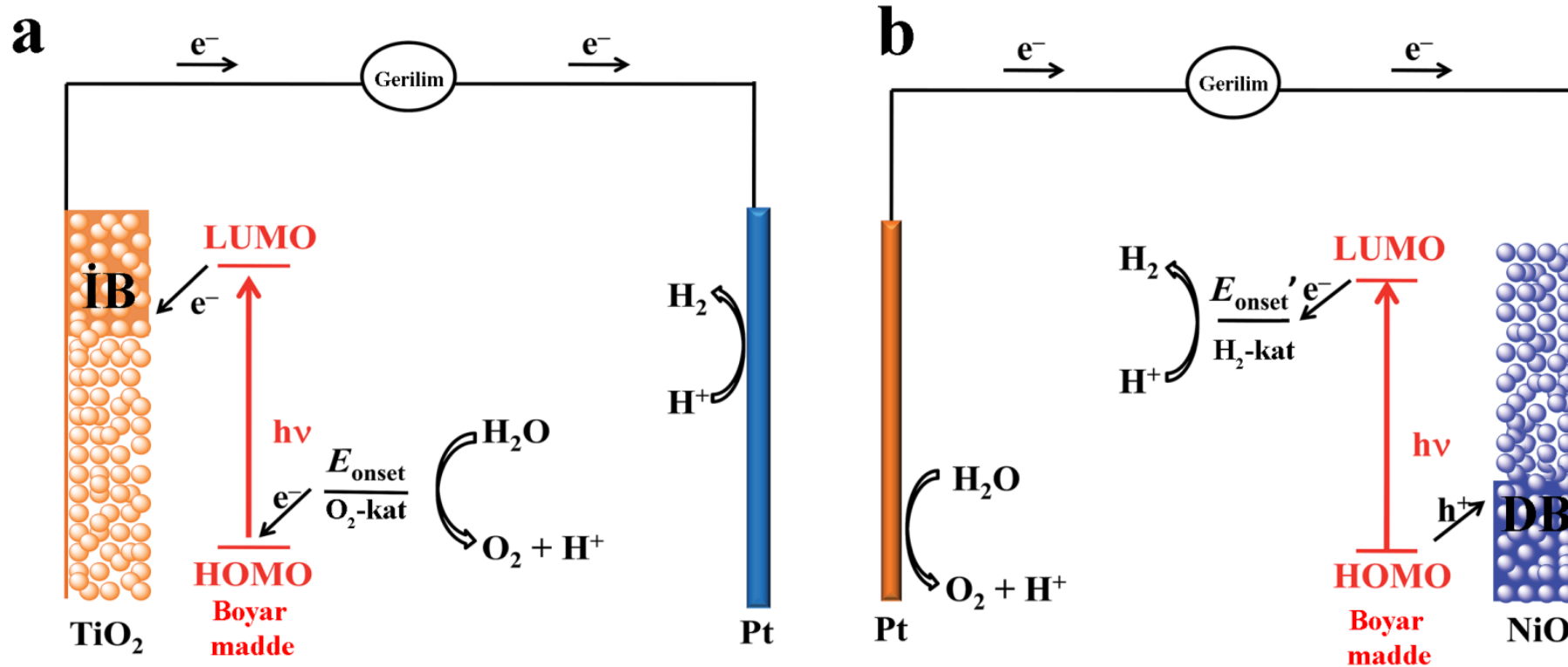
Görünür ışık altında sudan fotokatalitik hidrojen üretim reaksiyonu için boyar madde ise hassaslaştırılmış yarıiletken sistemin temel çalışma prensibi

Fotoelektrokimyasal Hidrojen Üretimi



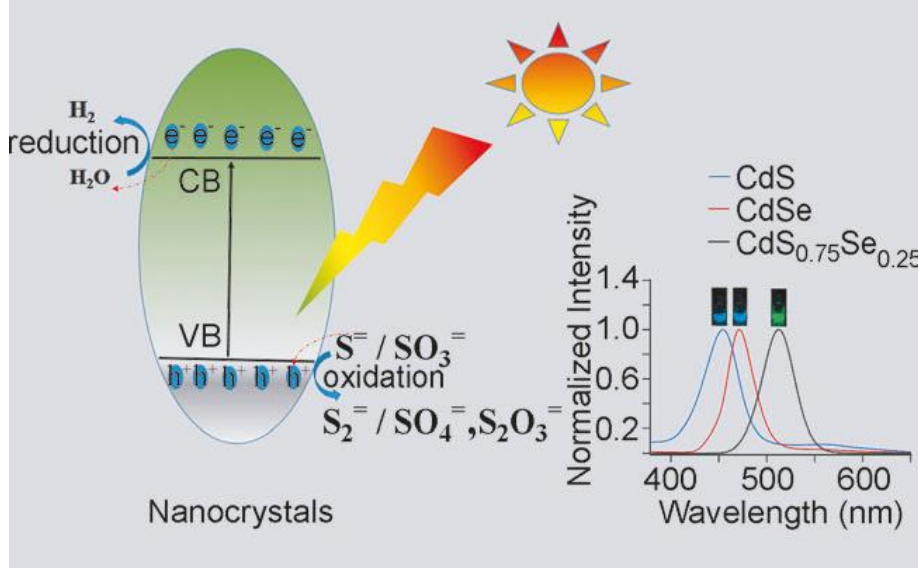
Boyar madde ile hassaslaştırılmış fotoanot **(a)**, boyar madde ile hassaslaştırılmış fotokatot **(b)** ve boyar maddeler ile hassaslaştırılmış tandem hücreler **(c)** kullanılması ile suyun fotoelektrokimyasal ayrışmasının çalışma prensipleri

Fotoelektrokimyasal Hidrojen Üretimi



Boyar madde ile hassaslaştırılmış fotoanot (a) ve boyar madde ile hassaslaştırılmış fotokatotun (b) enerji diyagramı

Biz neler yapıyoruz?

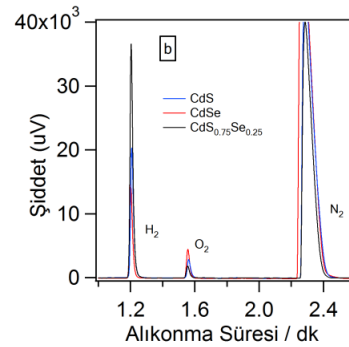
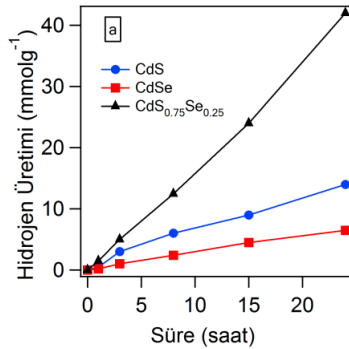


Avantajları:

- ✓ Verimli
- ✓ Az bileşenli sistem (e verici ve fotokatalizör)
- ✓ Ön işlem az

Dezavantajı:

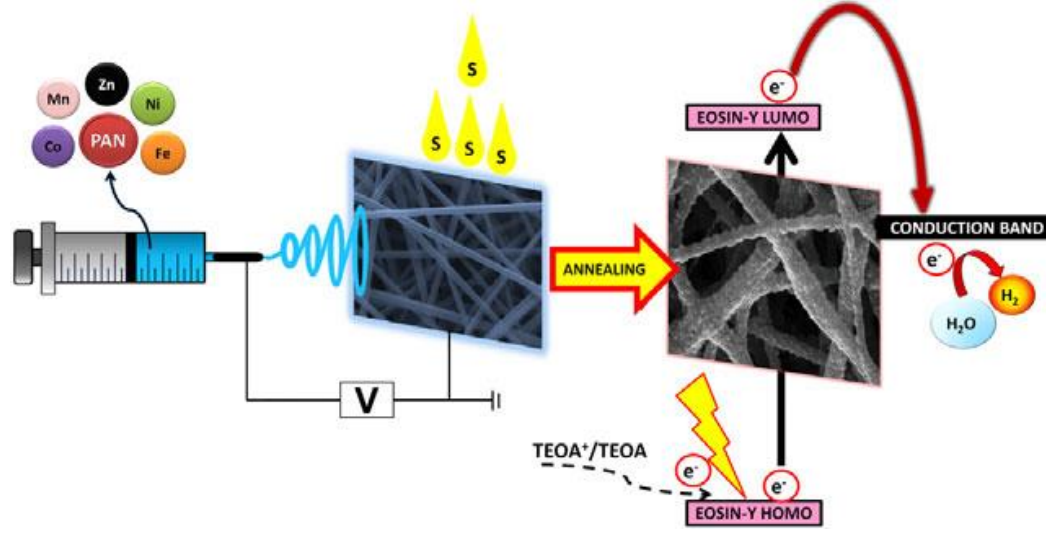
- Fotokatalizörlerin Cd içeriğinden dolayı toksik olması



COST-MP1106
TÜBİTAK-COST (211T185)

Emre Aslan, Okan Birinci, Abdalaziz Aljabour, Faruk Ozel, Ilker Akın, **Imren Hatay Patir**, Mahmut Kus, Mustafa Ersoz, "Photocatalytic Hydrogen Evolution by Oleic Acid-Capped CdS, CdSe and CdS_{0.75}Se_{0.25} Alloy Nanocrystals", *ChemPhysChem*, **2014**, 15(13), 2668–2671.

Biz neler yapıyoruz?

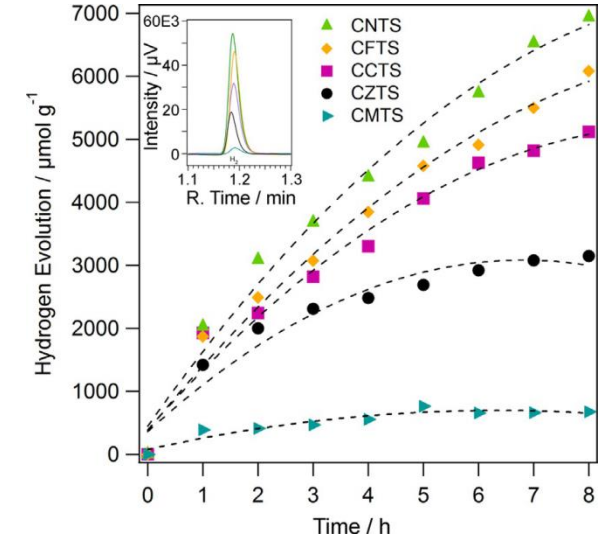


Avantajları:

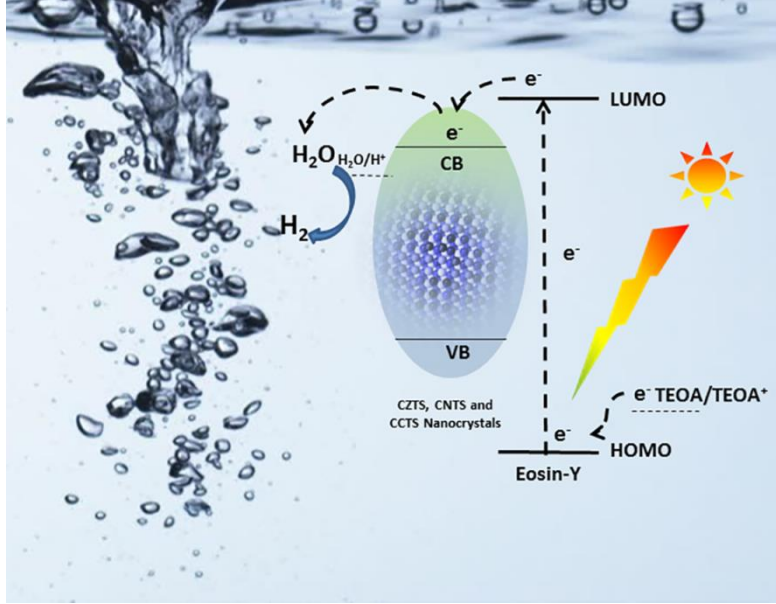
- ✓ Toksik madde içermemesi
- ✓ Ni, Co ve Fe içeren katalizörlerin kararlılığı yüksek ve verimli

Dezavantajı:

- Katalizörün hazırlanması işleminin zaman alıcı olması

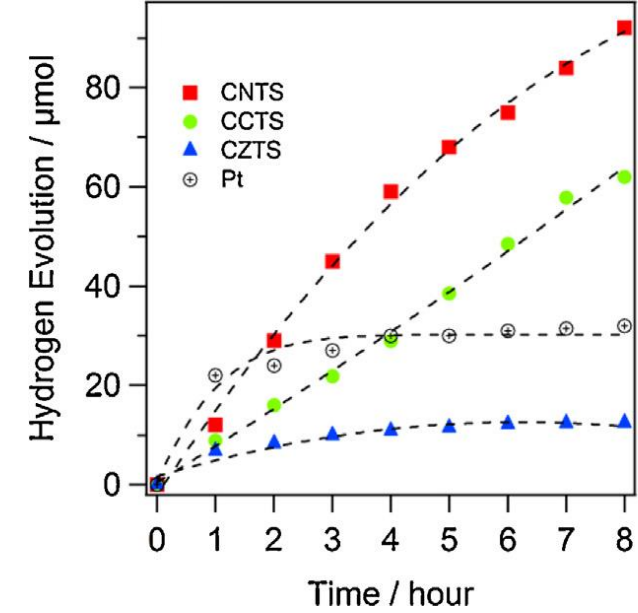


Biz neler yapıyoruz?



Avantajları:

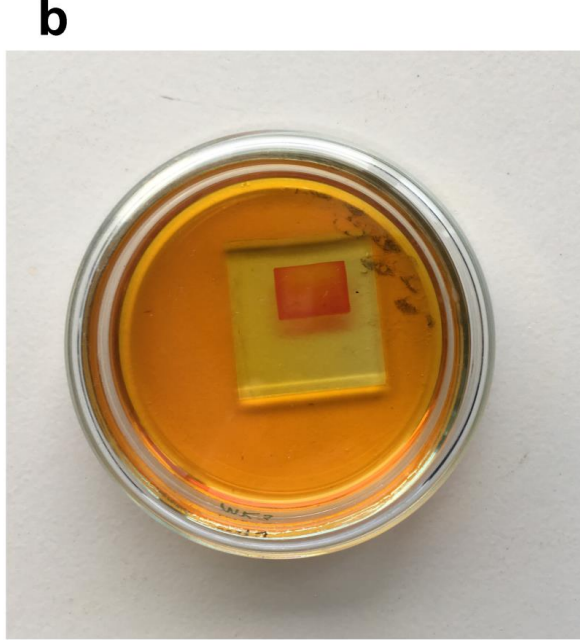
- ✓ Toksik madde içermiyor,
- ✓ Sentezi kolay ve hızlı,
- ✓ Katalizörler kararlı



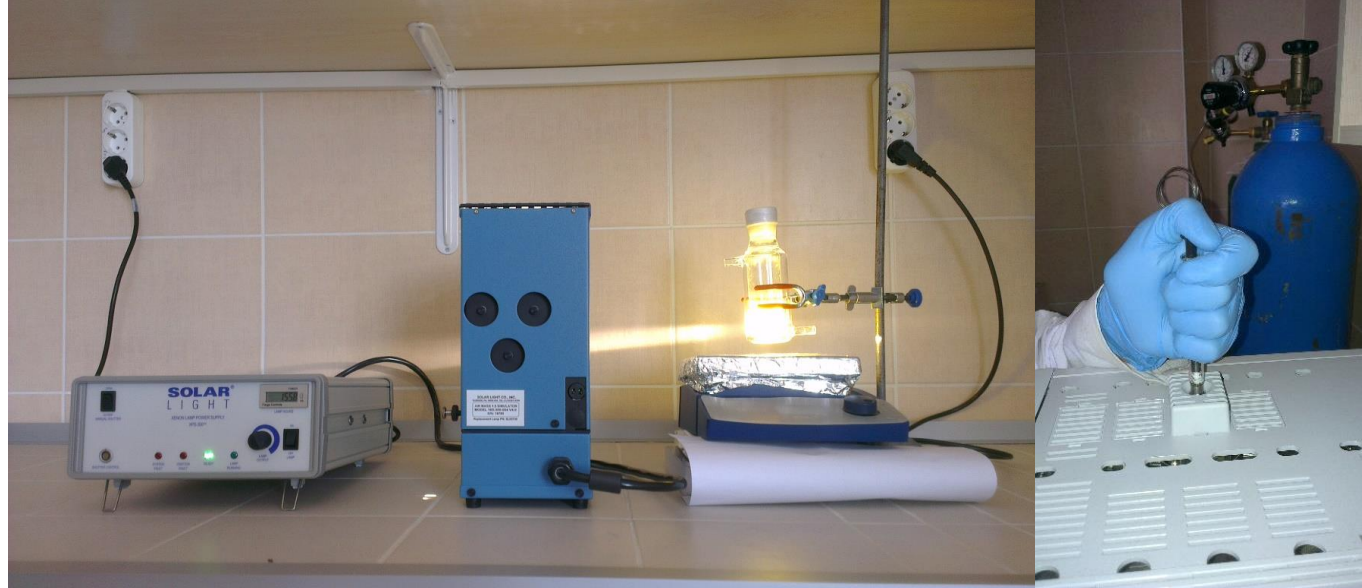
Dezavantajları:

- Hidrojen üretiminin nanofiberlerden düşük

Biz neler yapıyoruz?

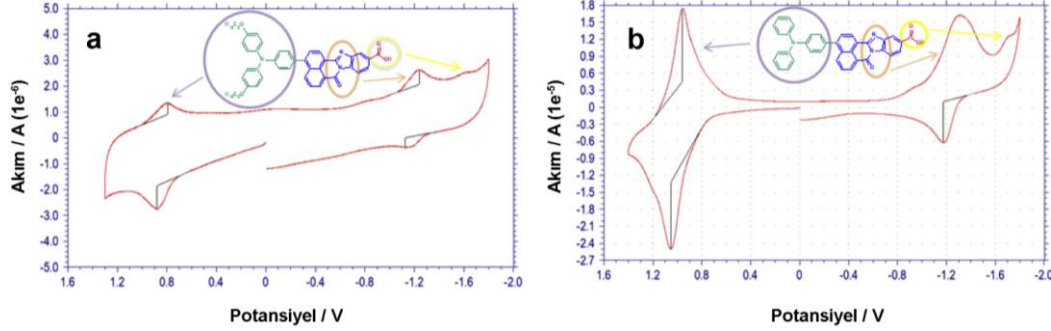


TiO₂ **(a)** ve TiO₂ kaplı elektrotların **(b)** boyar maddeler ile kaplanması

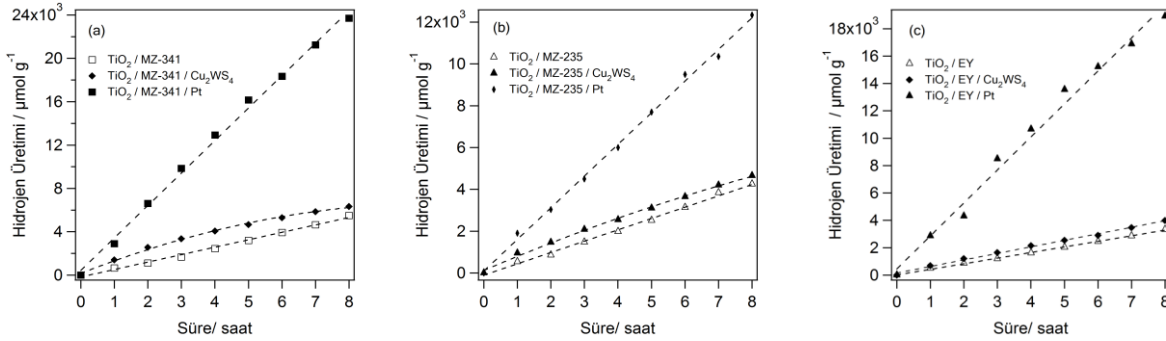


Fotokatalitik hidrojen üretiminin gerçekleştirildiği sistem

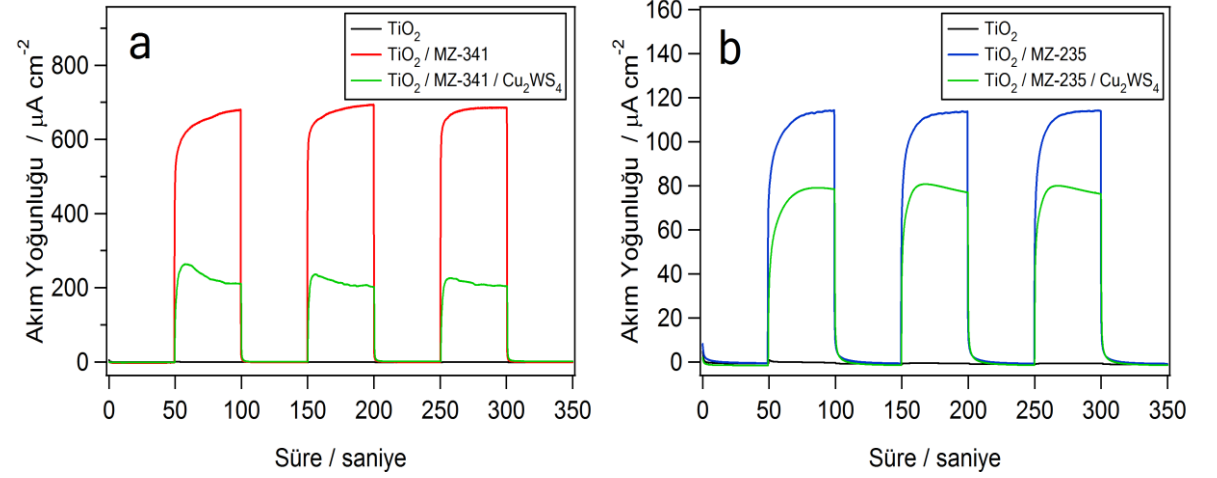
Biz neler yapıyoruz?



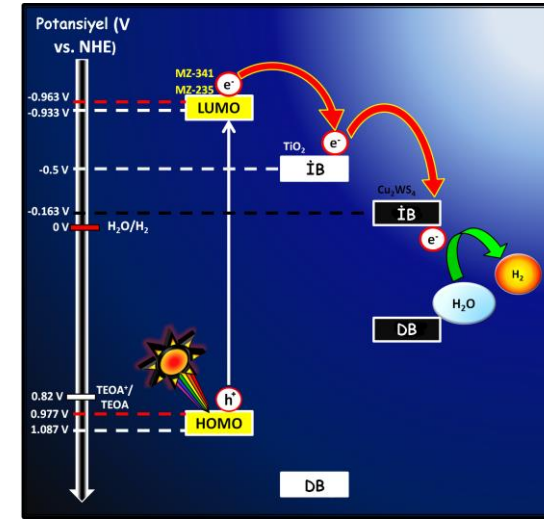
MZ-235 (a) ve MZ-341 (b) boyar maddelerinin asetonitril içinde çözülmüş tetrabutylamonyum hekzaflorofosfat içerisindeki dönüşümlü voltamogramı (tarama hızı: 100 mV s⁻¹)



Fotokatalitik aktivitelerin karşılaştırılması: Cu₂WS₄'ün katalitik etkisinin Pt (a ve b) ve Eosin-Y (EY) boyar maddesi ile karşılaştırılması (c)



Fotoelektrokimyasal cevapların karşılaştırılması: (a) TiO₂, TiO₂ / MZ-341, TiO₂ / MZ-341 / Cu₂WS₄ ve (b) TiO₂, TiO₂ / MZ-235, TiO₂ / MZ-235 / Cu₂WS₄ (Destek elektrolit ortam 0,33 M TEOA ve 0,1 M Na₂SO₄, pH=9)



Fotokatalitik hidrojen üretim reaksiyonu mekanizmasının şematik gösterimi

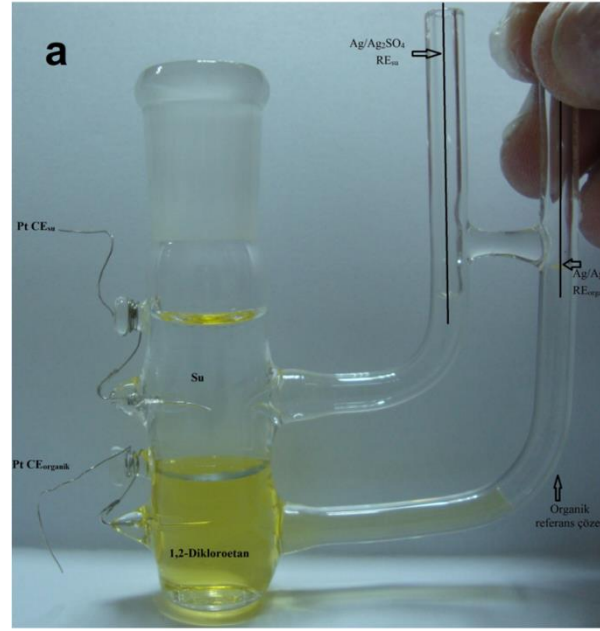
Emre Aslan, Mehmet Kerem Gonce, Mesude Zeliha Yigit, Adem Sarilmaz, Elias Stathatos, Faruk Ozel, Mustafa Can, **Imren Hatay Patir**, "Photocatalytic H₂ evolution with a Cu₂WS₄ catalyst on a metal free D-π-A organic dye-sensitised TiO₂", *Applied Catalysis B: Environmental*, **2017**, 210, 320–327.

Biz neler yapıyoruz?



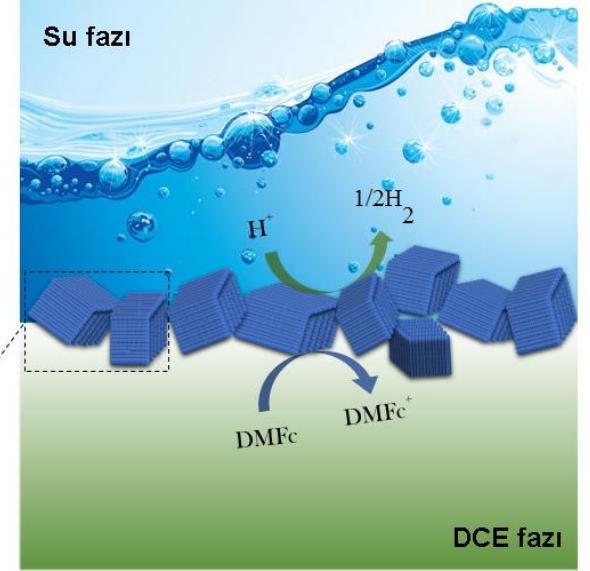
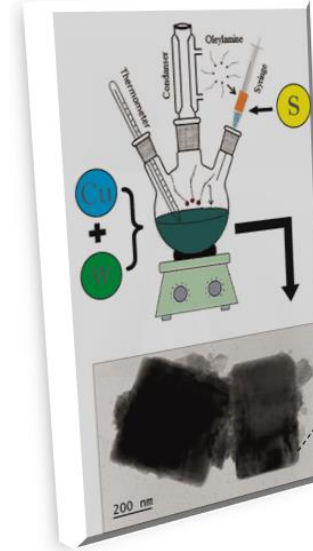
5 mM DMFc	0.1 mg/mL MYS _x 10 mM LiTB 100 mM HCl
DCE	Su

İki fazlı reaksiyonların gerçekleştirildiği hücreler



Ag	AgCl	10 mM LiCl 1 mM BaCl	10 mM BATB x mM DMFc	y mg/mL MYS _x z mM H ₂ SO ₄	Ag ₂ SO ₄	Ag
		Org. Ref. Çözelti	DCE	Su		

4 elektrotlu voltametri çalışmalarının
gerçekleştirildiği hücre



İki fazlı reaksiyonlar ile hidrojen üretim mekanizması

Biz neler yapıyoruz?

Catalytic Hydrogen Evolution by Tungsten Disulfide at Liquid-Liquid Interfaces

Emre Aslan, Imren Hatay Patir,* and Mustafa Ersoz^[a]

Copper Nanoparticles

Cu Nanoparticles Electrodeposited at Liquid-Liquid Interfaces: A Highly Efficient Catalyst for the Hydrogen Evolution Reaction

Emre Aslan, Imren Hatay Patir,* and Mustafa Ersoz^[a]

Enhanced Hydrogen Evolution Catalysis Based on Cu Nanoparticles Deposited on Carbon Nanotubes at the Liquid/Liquid Interface

Emre Aslan, Ilker Akin, and Imren Hatay Patir^{*,[a]}

Hydrogen Evolution

Enhanced Hydrogen Evolution Catalysis at the Liquid/Liquid Interface by Ni_xS_y and Ni_xS_y/Carbon Nanotube Catalysts

Ilker Akin,^[a] Emre Aslan,^[b] and Imren Hatay Patir^{*,[c]}

Nanocomposite Catalysts | Hot Paper |

Highly Active Cobalt Sulfide/Carbon Nanotube Catalyst for Hydrogen Evolution at Soft Interfaces

Emre Aslan, Ilker Akin, and Imren Hatay Patir^{*,[a]}

Hydrogen Evolution Catalyzed by Cu₂WS₄ at Liquid-Liquid Interfaces

Faruk Ozel,^{*,†} Emre Aslan,[‡] Adem Sarilmaz,[†] and Imren Hatay Patir^{*,‡}

[†]Karamanoglu Mehmetbey University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, 70200 Karaman, Turkey

[‡]Selçuk University, Department of Chemistry, 42030 Konya, Turkey

1D Amorphous Tungsten-Based Ternary Refractory Metal Sulfides for Catalytic Hydrogen Evolution at Soft Interfaces

Emre Aslan,^[a, b] Adem Sarilmaz,^[c] Faruk Ozel,^{*,[c, d]} Imren Hatay Patir,^{*,[e]} and Hubert H. Girault^[f]

Electrochimica Acta 201 (2018) 311–318



Contents lists available at ScienceDirect

Electrochimica Acta

journal homepage: www.elsevier.com/locate/electacta



NiO and Co₃O₄ nanofiber catalysts for the hydrogen evolution reaction at liquid/liquid interfaces

Gizem Yanalak^c, Abdalaziz Aljabour^d, Emre Aslan^e, Faruk Ozel^{a,*,f,g,h},
Imren Hatay Patir^{b,i}, Mahmut Kus^d, Mustafa Ersoz^e



Enerjide Arama Buluşmaları: Hidrojen 15.01.2020

Electrocatalysis



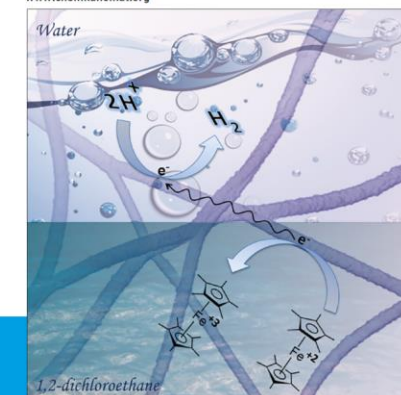
Earth-Abundant Cu₂CoSnS₄ Nanofibers for Highly Efficient H₂ Evolution at Soft Interfaces

Faruk Ozel,^[a] Adem Yar,^[b, c] Emre Aslan,^[d] Emre Arkan,^[e] Abdalaziz Aljabour,^[b, f] Mustafa Can,^[g] Imren Hatay Patir,^{*,[d]} Mahmut Kus,^{*,[b, f]} and Mustafa Ersoz^[b, d]

CHEMCOMMUNICATIONS

CHEMISTRY OF NANOMATERIALS FOR ENERGY, BIOLOGY AND MORE

www.chemnanomat.org



7/01
2015

An ACES journal

A sister journal of Chemistry – An Asian Journal
and the Asian Journal of Organic Chemistry

Cover Picture:
L.H. Patir, A. Yar et al.
Earth-Abundant Cu₂CoSnS₄ Nanofibers for Highly Efficient H₂
Evolution at Soft Interfaces

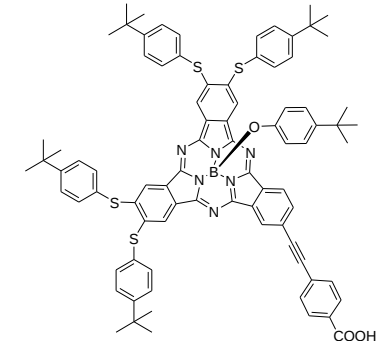
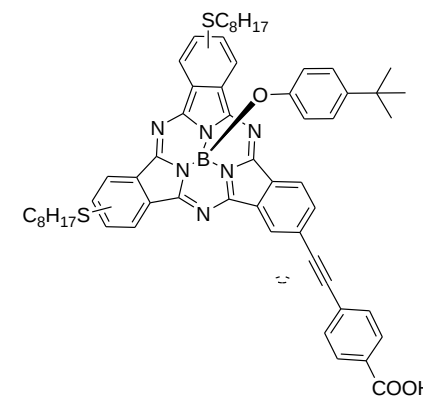
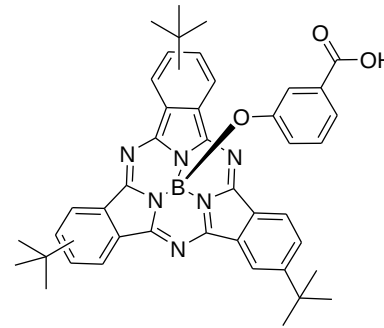
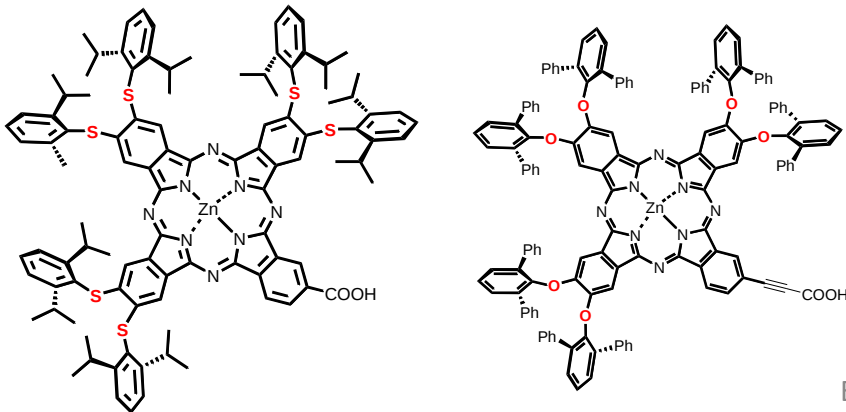
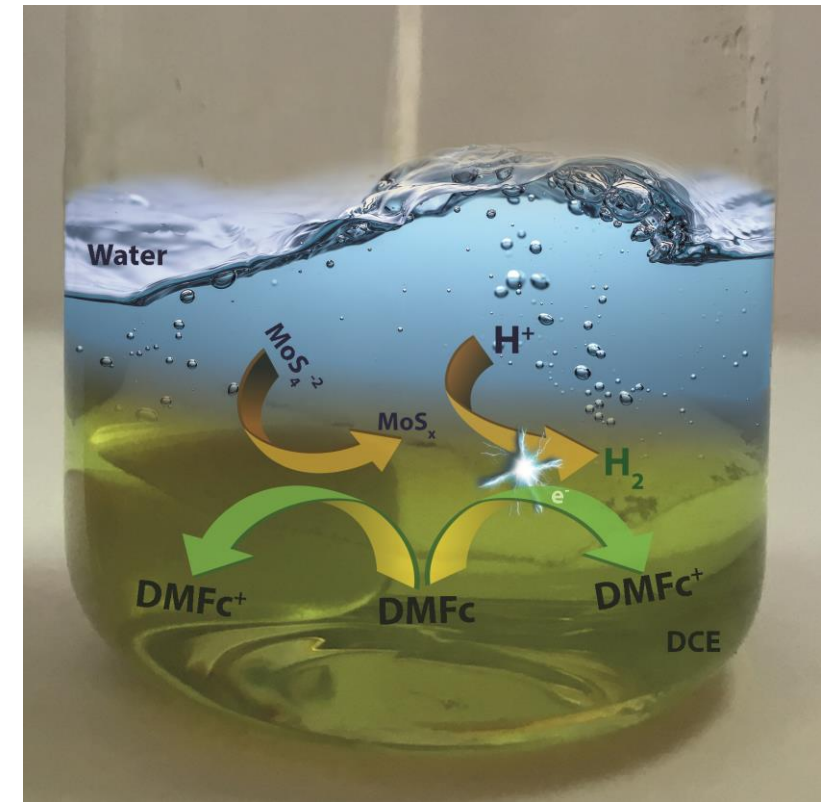
WILEY-VCH

Catalytic Hydrogen Evolution by Molybdenum-Based Ternary Metal Sulfide Nanoparticles

Emre Aslan,^{†,‡,§} Adem Sarilmaz,[§] Faruk Ozel,^{*,§,||} Imren Hatay Patir,^{*,⊥,●} and Hubert H. Girault^{#,}

Gelecek Çalışmalar

- *In situ* electrodeposited and photodeposited **Nanocomposites** (carbon and/or clay based)
- **Nanohybrids:** mpg-C₃N₄/BP/MS₂-Y
(Y: Ni, Co, M: Mo, W)
- Phthalocyanine derivatives



Gelecek vizyonu

- Yeni olan mı bilinen ve verimli olan mı?
- Yeni boyar madde ve yardımcı katalizör geliştirme
- Kararlı boyar madde ve yardımcı katalizör geliştirme
- Farklı bileşenler geliştirme (e^- verici, elektrolit)
- Mekanizma ve verimi açıklama
- Ar-Ge ve endüstriyel üretim?

Teşekkürler



- TÜBİTAK-COST (211T185)
- TÜBİTAK-1003 (215M309)
- TÜBİTAK-1001 (119Z497)
- UNESCO-Loreal for Woman in Science
- TÜBA-GEBİP
- SÜ-BAP