



# Mühendislik Fakültesi

## Kimya Mühendisliği Bölümü

***KMB 245-Enerji Teknolojileri***

***Dr. Öğr. Üyesi, İsa DEĞİRMENCI***

# H<sub>2</sub>'in Endüstriyel Üretimi

13. Hafta

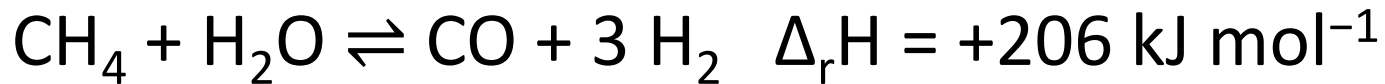
Endüstriyel  $H_2$  üretimi genel olarak 3 yöntemle gerçekleşir.

- 1-) Buhar ile yeniden oluşum (reformation)
  - 2-) Elektroliz
  - 3-) Termoliz
- 
- Bor'dan  $H_2$  üretilmez, Bor'a  $H_2$  depolanır!  
Depo edilen  $H_2$  yakıt olarak kullanılır.



# 1-) Buhar ile yeniden oluşum (reformation)

- **Gazlaştırma:** Hidrokarbon içerikli herhangi bir maddeden (doğal gaz gibi) yüksek sıcaklıklarda su buharı kullanılarak CO ve H<sub>2</sub> üretmek mümkündür. Ve bu yöntem endüstride çokça kullanılır.

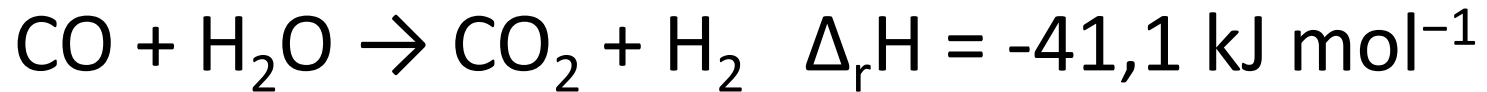


- Yüksek sıcaklık (700-1100°C) ve basınçta katalizör (Nikel) üzerinden metan geçirilir.
- Elde edilen gaz karışımına **sentetik gaz** (veya singaz) denilir.



- Elde edilen CO daha düşük sıcaklıklarda su ile tekrar tepkimeye sokularak, H<sub>2</sub> üretim verimi artırılır.

### **Su-Gaz Değişim Tepkimesi**



$$\log(K) = -2.4198 + 0.0003855T + \frac{2180.6}{T}$$

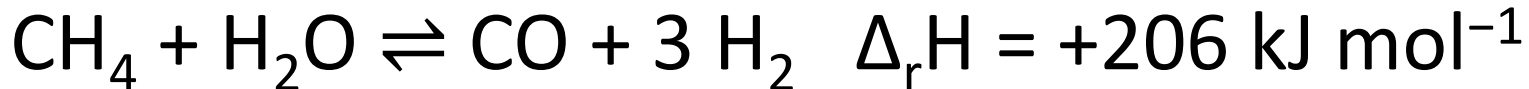
$$\Delta G(\text{kJ/mol}) = -32.197 + 0.03104T - \frac{1774.7}{T}$$



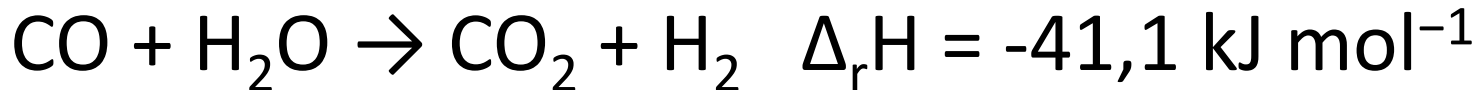
# Örnek: Metanın Metanole Dönüştürülmesi

- **CH<sub>4</sub>** (Doğal gaz veya yenilenebilir kaynaklardan)

## **Buhar ile Yeniden Oluşum Tepkimesi**



## **Su-Gaz Değişim Tepkimesi**



## **Metanol Sentezi**



Bu şekilde üretilen metanol **Mobil prosesi** ile yakıta çevrilebilir.



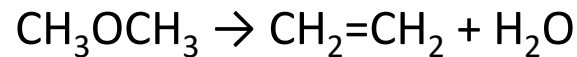
# ***Mobil prosesi***

1970'lerde Mobil Metanol'den alkan üretimi için bir proses geliştirdi. Bu proseste Zeolit katalizörlüğünde 5'den daha fazla C içeren hidrokarbonlar elde edilebilmiştir.

**1. adım:** CH<sub>3</sub>OH dehidrasyonu ile CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub> Dimetil eter sentezi.

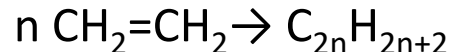


**2. adım:** Zeolit (ZSM-5) katalizörü kullanılarak, ileri bir dehidrasyon işlemi ile dietil eterin etilene (CH<sub>2</sub>=CH<sub>2</sub>)dönüştürülmesi



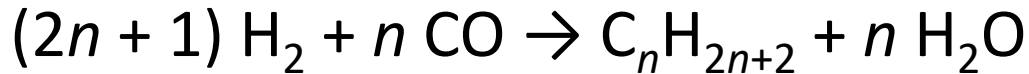
**3. adım:** Bu esnada bir miktar polimerleşme gerçekleşerek C sayısı 5'ten büyük alkanlar sentezlenmektedir.

Böylece yakıt oluşmuş olur.



# ***Fischer–Tropsch Prosesi***

**Fischer–Tropsch prosesi** , CO ve H<sub>2</sub> gaz karışımının sıvı hidrokarbonlara dönüştürme tepkimelerinin toplamıdır.



n; 10-20 aralığında değişmektedir.

n=1 pek istenmez!

Bu tepkimeler 150–300 °C aralığında, 1-10larca atm basınç altında ve metal katalizör eşliğinde gerçekleşmektedir.

Bu proses, ilk defa, 1925'te Almanya'da Franz Fischer ve Hans Tropsch tarafından geliştirilmiştir.



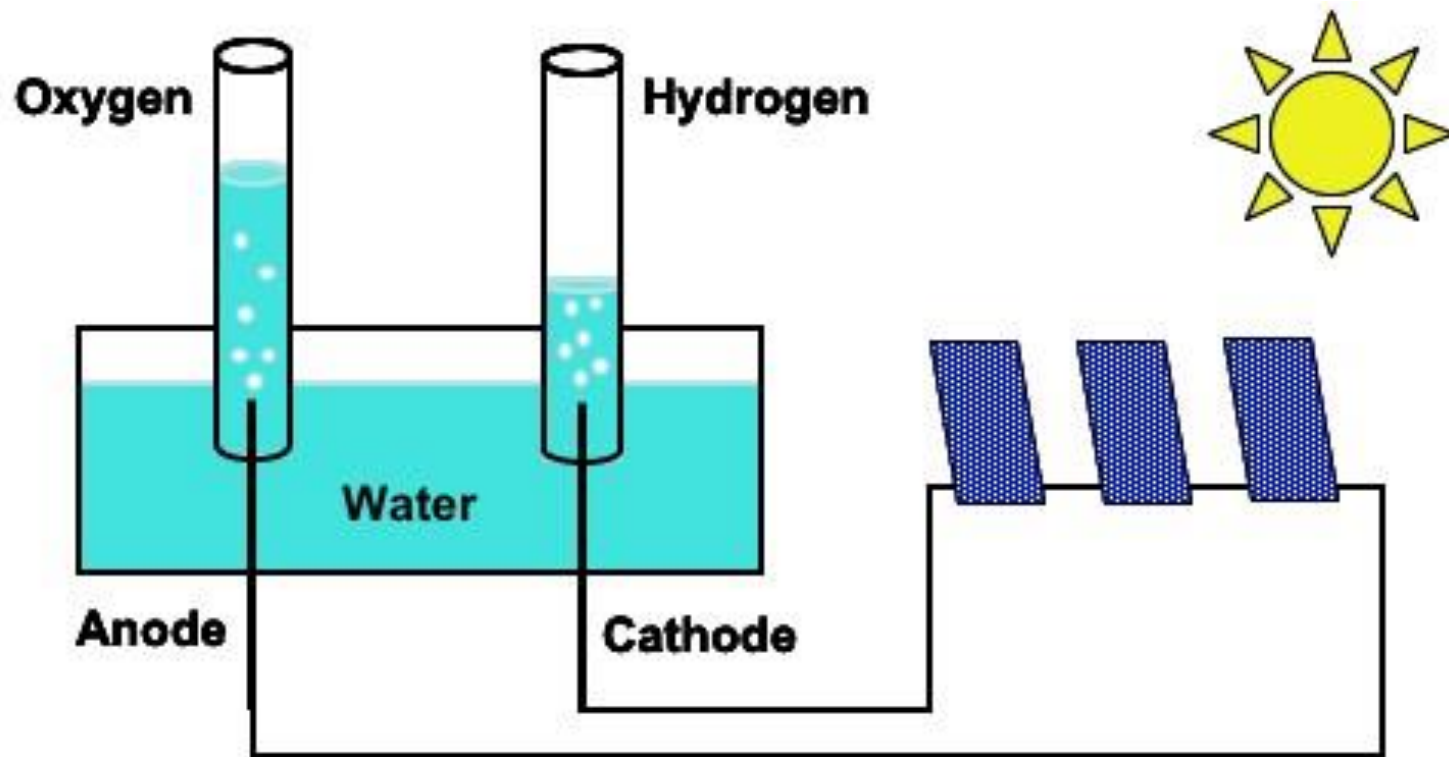


Gazlaştırma işlemi ile kömür, doğal gaz veya biyokütleden elde edilen CO ve H<sub>2</sub> gazı , *Fischer–Tropsch prosesi* ile sentetik yakıtlara veya yağlayıcılara dönüştürülebilmektedir.

Bu şekilde elde edilen yakıtlarda kükürt oranı çok düşük olduğundan bu proses dikkatleri üzerine çekmektedir.



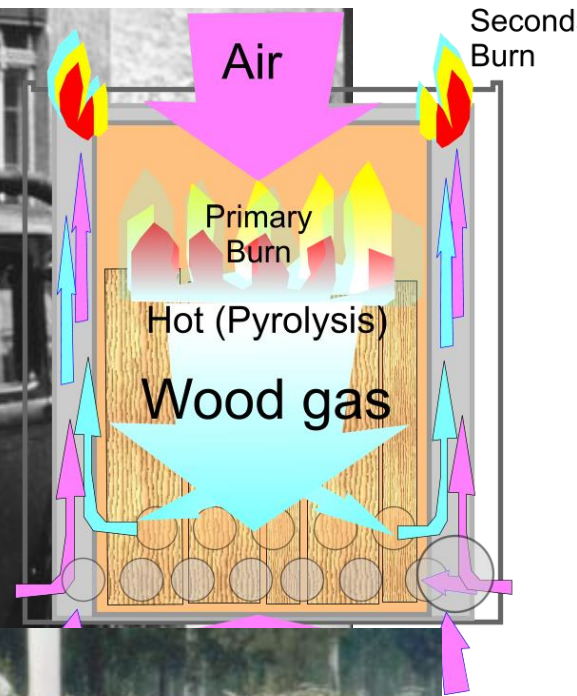
## 2-) Elektroliz



### 3-) Termoliz

- **Termoliz:** Isı ile moleküllerin kimyasal parçalanması olayıdır.
- **Piroliz:** Isı ile organik bileşiklerin parçalanması olayıdır. Organik maddelerin oksijensiz ortamda 300-900°C sıcaklıklar arasında termal bozunduğu termal bir süreç. Bu yöntemle H<sub>2</sub> üretiminden ziyade kömürleştirme işlemi yapılır.
- Suyun sıcaklığı 2000°C'nin üzerine çıkarılınca aşağıdaki tepkime gerçekleşmeye başlar.





Bun  
Fot

# H<sub>2</sub> in Avantaj ve Dezavantajları

- Hidrojen bilinen tüm yakıtlar içerisinde birim kütle başına en yüksek enerji içeriğine sahiptir. **Enerji yoğunluğu** en yüksek yakıttır.

1 kg hidrojen 2,1 kg doğal gaz veya 2,8 kg petrolün sahip olduğu enerjiye sahiptir.

- **Ancak birim enerji başına hacmi yüksektir.**
- Hidrojen petrol yakıtlarına göre ortalama %33 daha verimli bir yakıttır.
- Hidrojenden enerji elde edilmesi esnasında su buharı dışında çevreyi kirletici ve sera etkisini artırıcı hiçbir gaz ve zararlı kimyasal madde üretimi söz konusu değildir.
- **Hidrojenin diğer yakıtlardan yaklaşık üç kat pahalı olduğunu ve yaygın bir enerji kaynağı olarak kullanımının hidrojen üretiminde maliyet düşürücü teknolojik gelişmelere bağlı olacağını göstermektedir.**

