

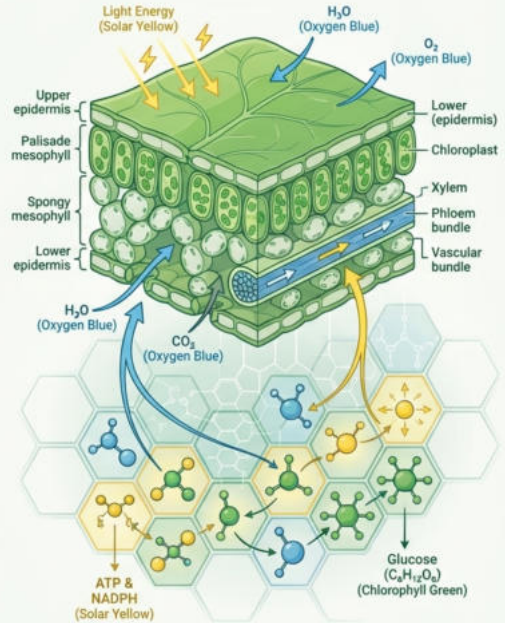
# BİYOLOJİ: FOTOSENTEZ (Enerji ve Besin Üretimi)

## Ders İçeriği

- **Konu:** Fotosentezin Tanımı, Mekanizması ve Etkileyen Faktörler
- **Müfredat Kapsamı:** TYT / AYT Biyoloji
- **Hedef:** İnorganik maddelerden organik besin sentezi sürecinin ve enerji dönüşümlerinin kavranması.
- **İçerik Akışı:**
  - Fotosentezin Tanımı ve Önemi
  - Kloroplast Yapısı ve Pigmentler
  - Fotosentez Reaksiyonları (Işığa Bağımlı ve Bağımsız)
  - Fotosentez Hızını Etkileyen Faktörler



**DİKKAT:** Bu ders notları, fotosentez sürecinin kimyasal formül karmaşasına girilmeden; olayın mantığı, madde döngüleri ve enerji dönüşümleri üzerine kurgulanmıştır.



# FOTOSENTEZİN TANIMI VE GENEL DENKLEMİ

## Tanım:

**Klorofil** pigmenti taşıyan canlıların, **ışık enerjisini** kullanarak inorganik maddelerden ( $\text{CO}_2$  ve  $\text{H}_2\text{O}$ ) **organik besin** sentezlemesi olayıdır.

## Enerji Dönüşümü:

Işık enerjisinin **kimyasal bağ enerjisine** dönüştürülmesini sağlar.

## Gerçekleştiren Canlılar:

Bitkiler, algler, öglena ve bazı bakteriler (siyanobakteriler).

## Ekolojik Önemi:

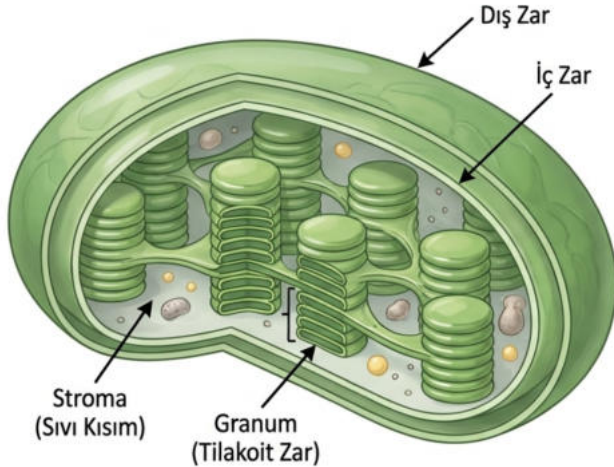
- Atmosferin **oksijen** kaynağıdır.
- Ekosistemde **enerji akışının** başlangıcıdır.
- Atmosferdeki  $\text{CO}_2$  seviyesini düşürerek sera etkisini azaltır.



## Dikkat Kutusu

**DİKKAT:** Fotosentezde karbon kaynağı her zaman **karbondioksittir** ( $\text{CO}_2$ ). Ancak **hidrojen kaynağı** ( $\text{H}_2\text{O}$ ) canlı türüne göre değişiklik gösterebilir (Örn:  $\text{H}_2\text{S}$  kullanan bakteriler).

# FOTOSENTEZİN MERKEZİ: KOROPLAST YAPISI



- **Konum:** Ökaryot canlılarda fotosentez **kloroplast organelinde** gerçekleşir.
- **Zar Yapısı:** Mitokondri gibi çift zarlı bir yapıya sahiptir (Dış ve İç Zar).
- **Tilakoit Zar Sistemi (Granum):**
  - İç kısımda bulunan, yassı kesecikler şeklindeki üçüncü zar sistemidir.
  - Klorofil pigmentleri ve ETS elemanları burada bulunur.
  - Işığın soğurulduğu ve ATP sentezinin yapıldığı yerdir.
- **Stroma (Sıvı Kısım):**
  - Tilakoitlerin arasını dolduran sıvı matrikstir.
  - DNA, RNA, Ribozom ve Kalvin döngüsü (besin üretimi) enzimleri burada bulunur.

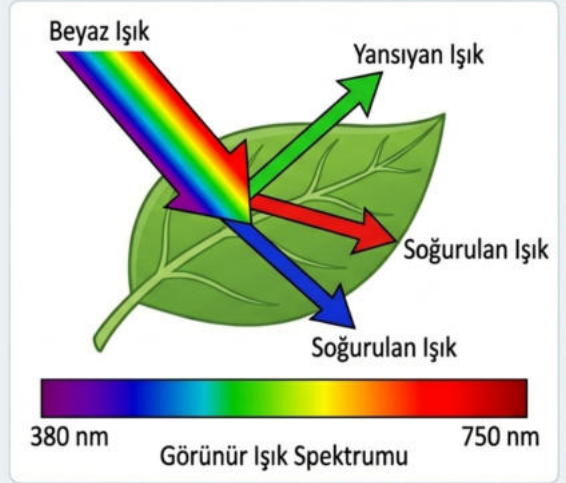


## Dikkat Kutusu

**DİKKAT:** Prokaryot canlılarda (bakterilerde) Kloroplast organeli **BULUNMAZ**, ancak Klorofil pigmenti sitoplazmada/hücre zarı kıvrımlarında bulunur. Fotosentez için kloroplast şart değil, klorofil şart

# IŞIK ENERJİSİ VE PİGMENTLER

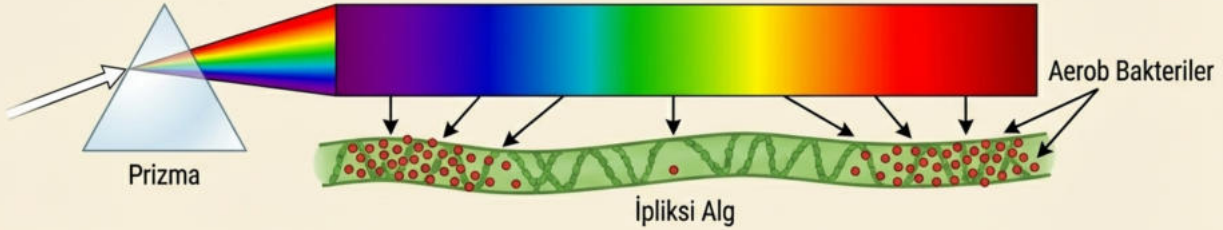
- **Görünür Işık:** Fotosentez, elektromanyetik spektrumun 380-750 nm aralığındaki görünür ışıkta gerçekleşir (Fotonlar).
- **Klorofil:**
  - Işık enerjisini soğuran (emen) temel pigmenttir.
  - Yapısında Magnezyum (Mg) atomu bulunur; yeşil ışığı yansıttığı için bitkiler yeşil görünür.
- **Karotenoidler (Yardımcı Pigmentler):**
  - Turuncu (karoten), sarı (ksantofil) ve kırmızı (likopen) renkli pigmentlerdir.
  - Klorofilin soğuramadığı dalga boylarını emerek klorofile aktarır.
  - Klorofili zararlı ve aşırı ışıklardan korur.



## Dikkat Kutusu

**DİKKAT:** Fotosentezde iş yapan asıl pigment klorofildir; diğerleri yardımcı elemandır. Klorofil, yeşil ışığı yansıttığı için fotosentez verimi yeşil ışıkta en düşüktür.

# İŞIĞIN DALGA BOYU VE ENGELMANN DENEYİ



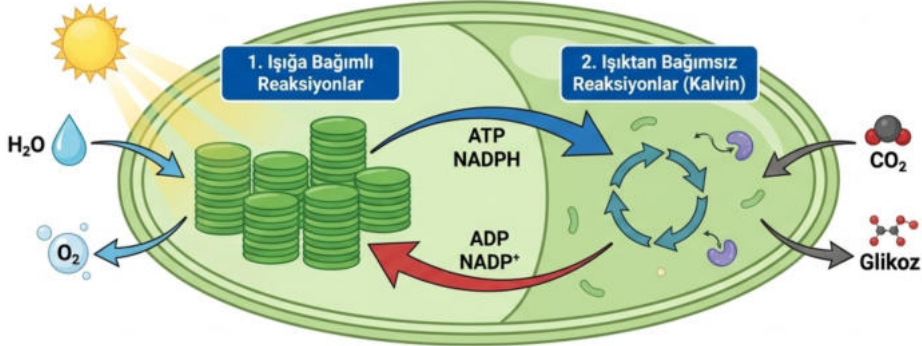
- **Deneyin Amacı:** Işığın farklı dalga boylarının (renklerinin) fotosentez hızına etkisini ölçmek.
- **Yöntem:** Engelmann, ipliksi bir alg üzerine prizmadan geçirdiği ışığı düşürmüş ve oksijen seven (aerob) bakterilerin dağılımını gözlemlemiştir.
- **Gözlem:**
  - Bakteriler en yoğun Mor ve Kırmızı ışık bölgesinde toplanmıştır (Oksijen çıkışı ve fotosentez hızı maksimum).
  - Bakteriler en az Yeşil ışık bölgesinde toplanmıştır (Oksijen çıkışı ve fotosentez hızı minimum).
- **Sonuç:** Fotosentez hızı, klorofilin ışığı soğurma kapasitesi ile doğru orantılıdır.



## Dikkat Kutusu

**DİKKAT:** Engelmann deneyi, fotosentez hızının ışığın dalga boyuna (rengine) göre değiştiğini kanıtlayan temel deney deneyidir. Mor ışığın enerjisi yüksek, dalga boyu kısadır.

# FOTOSENTEZ REAKSİYONLARINA GENEL BAKIŞ



- Fotosentez tek basamaklı değil, birbirini izleyen iki ana evrede gerçekleşir:
  1. **Işığa Bağımlı Reaksiyonlar:** Enerji (ATP ve NADPH) üretim evresi.
  2. **Işıktan Bağımsız Reaksiyonlar (Kalvin Döngüsü):** Besin (Glikoz) sentez evresi.
- **Bağımlılık İlişkisi:** Işıktan bağımsız evre, doğrudan ışık kullanmasa bile, ışığa bağımlı evrede üretilen ATP ve NADPH olmadan gerçekleşemez.

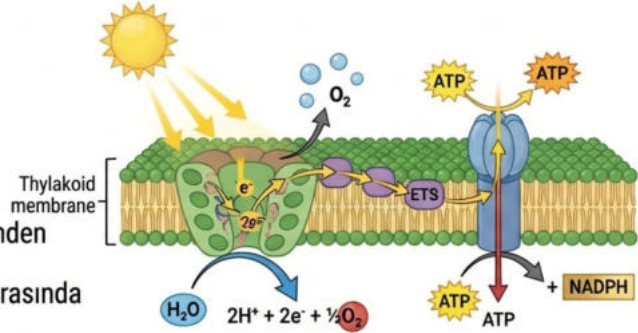


## Dikkat Kutusu

**DİKKAT:** Her iki evre de kloroplast içinde, ancak farklı bölmelerde gerçekleşir. Işıktan bağımsız evre karanlıkta gerçekleşmez; sadece ışığın doğrudan reaksiyona girmediği anlamına ç

# 1. EVRE: IŞIĞA BAĞIMLI REAKSİYONLAR

- **Amaç:** Besin üretimi için gerekli kimyasal enerjiyi (ATP ve NADPH) üretmektir.
- **Yer:** Tilakoit zarlar (Granum).
- **Girenler:** Işık, H<sub>2</sub>O (Su), ADP, NADP<sup>+</sup>.
- **Olaylar Zinciri:**
  - **Klorofil** ışığı soğurur ve elektron kaybeder (yükseltgenir).
  - Elektronlar **ETS** (Elektron Taşıma Sistemi) üzerinden aktarılır.
  - **Fotofosforilasyon:** ETS'deki elektron transferi sırasında açığa çıkan enerji ile ATP sentezlenir.
  - **Suyun Fotolizi:** Işık enerjisi ile su parçalanır (H<sub>2</sub>O → 2H<sup>+</sup> + 2e<sup>-</sup> + ½O<sub>2</sub>).
- **Ürünler:**
  - **ATP** ve **NADPH** (Kalvin döngüsüne aktarılır).
  - **O<sub>2</sub>** (Oksijen) (Yan ürün olarak atmosfere verilir).

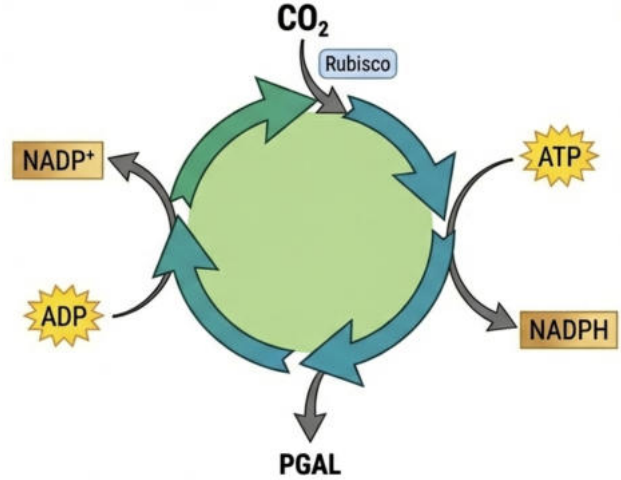


## Dikkat Kutusu

**DİKKAT:** Atmosfere verilen oksijenin kaynağı karbondioksit değil, **SUYUN FOTOLİZİ** sonucunda parçalanmış sudur.

## 2. EVRE: IŞIKTAN BAĞIMSIZ REAKSİYONLAR (KALVİN DÖNGÜSÜ)

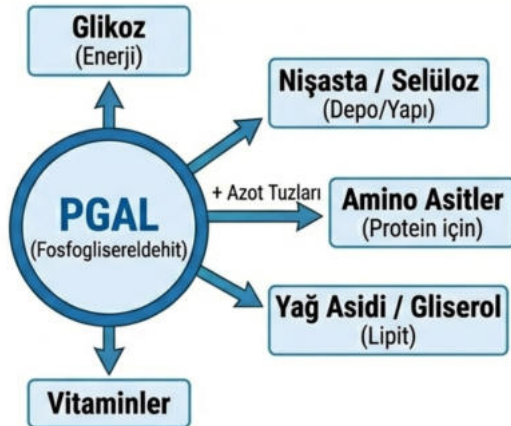
- **Amaç:** CO<sub>2</sub> özümlemesi (indirgenmesi) yaparak organik besin sentezlemektir.
- **Yer:** Stroma (Kloroplastın sıvı kısmı).
- **Girenler:** CO<sub>2</sub> (Atmosferden), ATP (1. evreden), NADPH (1. evreden).
- **Süreç:**
  - Atmosferden alınan CO<sub>2</sub>, enzimler yardımıyla döngüye katılır.
  - **ATP** enerjisi harcanır ve NADPH'ın taşıdığı hidrojenler kullanılır.
  - Döngü sonucunda kilit molekül olan **PGAL** (Fosfogliseraldehit) oluşur.
- **Ürünler:**
  - **Organik Besin** (Glikoz vb.).
  - **ADP** ve **NADP<sup>+</sup>** (Tekrar kullanılmak üzere 1. evreye döner).



### Dikkat Kutusu

**DİKKAT:** Bu evrede klorofil ve ETS görev yapmaz. Fotoliz gerçekleşmez. Enzimler vññun nñrev aldığı için bu evre sıcaklık değışimlerine karşı çok hassastır.

# ORGANİK MADDE SENTEZİ VE PGAL'İN ÖNEMİ



- **PGAL:** Kalvin döngüsünde oluşan 3 karbonlu temel ara üründür.
- **Dönüşüm:** Bitki hücresi, PGAL molekülünü ihtiyacına göre farklı organik maddelere dönüştürür.



## Dikkat Kutusu

**DİKKAT:** Fotosentez sadece 'şeker' üretimi değildir; bitkinin ihtiyaç duyduğu tüm organik moleküllerin (Vitamin, Yağ, Protein yapıtaşları) kökeni fotosentezde üretilen PGAL

# KARŞILAŞTIRMA: IŞIĞA BAĞIMLI vs IŞIKTAN BAĞIMSIZ

Özellik	Işığa Bağımlı Reaksiyonlar	Işıktan Bağımsız Reaksiyonlar
Yer	Tilakoit Zar (Granum)	Stroma (Sıvı Kısım)
Işık Kullanımı	Doğrudan kullanılır (Zorunlu)	Doğrudan kullanılmaz
Girenler	H <sub>2</sub> O, Işık, ADP, NADP <sup>+</sup>	CO <sub>2</sub> , ATP, NADPH
Üretilenler	ATP, NADPH, O <sub>2</sub>	Glikoz, ADP, NADP <sup>+</sup>
ETS / Klorofil	Görev Yapar	Görev Yapmaz
Fotoliz	Gerçekleşir	Gerçekleşmez
Temel Amaç	Enerji üretmek	Besin sentezlemek



## Dikkat Kutusu

**DİKKAT:** Sınavlarda en çok karşılaştırılan bölümdür. Işığa bağımlı evrede üretilen ATP ve NADPH, ışıktan bağımsız evrenin “yakıtıdır”.

# FOTOSENTEZ HIZINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER: MİNİMUM YASASI

- **Fotosentez Hızı:** Birim zamanda tüketilen  $CO_2$  veya üretilen  $O_2$  miktarı ile ölçülür.
- **Minimum Yasası (Blackman):** Fotosentez hızı, çevresel faktörlerden miktarı **en az** olana (sınırlayıcı faktör) göre belirlenir.
  - **Örnek:** Ortamda ışık, su ve sıcaklık optimum olsa bile, eğer  $CO_2$  miktarı yetersiz ise fotosentez hızı düşük kalır.
- **Faktör Grupları:**
  1. **Çevresel Faktörler:** Işık şiddeti,  $CO_2$ , Sıcaklık, Su, Mineral.
  2. **Genetik (Kalıtsal) Faktörler:** Kloroplast sayısı, yaprak genişliği, stoma sayısı.



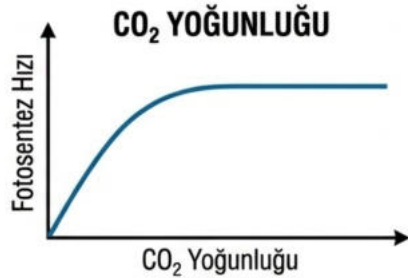
## Dikkat Kutusu

**DİKKAT:** Bir faktörün yeterli olması, diğer faktör sınırlayıcı ise hızı artırmaz. Zincirin en zayıf halka belirler.

# ÇEVRESEL FAKTÖRLER - 1 (CO<sub>2</sub> ve Işık Şiddeti)



- **Işık Şiddeti:**
- Işık şiddeti arttıkça fotosentez hızı belirli bir seviyeye kadar artar.
- Doyguluk noktasından sonra enzimler ve klorofiller tam kapasite çalıştığı için hız sabit kalır.
- Gölge bitkileri düşük ışıkta, güneş bitkileri yüksek ışıkta daha verimlidir.



- **Karbondiyoksit (CO<sub>2</sub>) Yoğunluğu:**
- CO<sub>2</sub> miktarı arttıkça hız belirli bir noktaya kadar artar, sonra sabitlenir.
- CO<sub>2</sub> belli bir sınırın altına düşerse fotosentez durur.

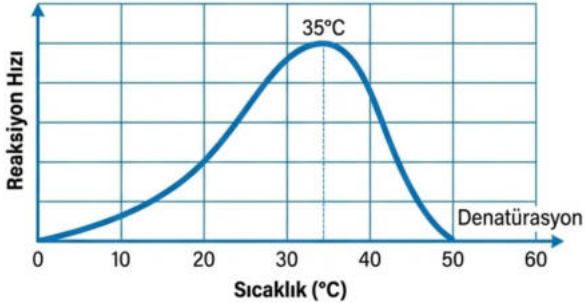


## Dikkat Kutusu

**DİKKAT:** KOH (Potasyum Hidroksit), Ca(OH)<sub>2</sub> ve kireç suyu gibi maddeler CO<sub>2</sub> tutucudur. Kanalı bir deney ortamına konulursa bitkinin CO<sub>2</sub> almasını engeller ve fotosentezi durdurur.

# ÇEVRESEL FAKTÖRLER - 2 (Sıcaklık ve Işığın Rengi)

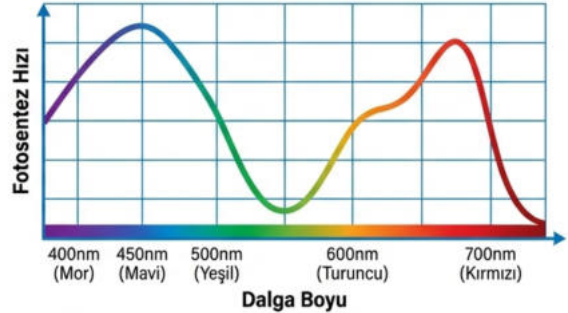
## SICAKLIK



### Sıcaklık:

- Enzimler görev aldığı için sıcaklığa duyarlıdır.
- **Optimum Sıcaklık:** Genellikle 30-35°C arasındadır.
- **Yüksek Sıcaklık:** 40°C ve üzerinde enzim yapısı (protein yapısı) bozulur (denatürasyon) ve fotosentez durur.

## IŞIĞIN DALGA BOYU



### Işığın Dalga Boyu (Rengi):

- **En Hızlı:** Mor ve Kırmızı ışık (Soğurma maksimum).
- **En Yavaş:** Yeşil ışık (Yansıtma maksimum).

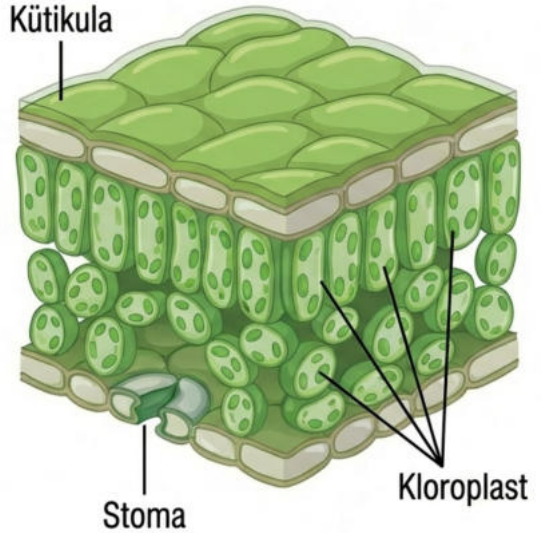


**Dikkat**  
Kutusu

**DİKKAT:** Soğuk havalarda enzimlerin kinetik enerjisi düştüğü için fotosentez yavaşlar ancak enzim yapısı bozulmaz. Isındığında tekrar çalışabilir.

# GENETİK (KALITSAL) FAKTÖRLER

- \* Bitkinin kendi genetik yapısıyla ilgili olan ve dışarıdan değiştirilemeyen faktörlerdir.
- \* **Kloroplast ve Klorofil Miktarı:** Ne kadar fazlaysa, ışık soğurma kapasitesi ve fotosentez hızı o kadar artar.
- \* **Yaprak Yüzey Alanı:** Geniř yapraklı bitkiler daha fazla ışık toplar; bu da hızı artırır.
- \* **Stoma Sayısı ve Konumu:** Gaz alışverişini ( $CO_2$  girişini) sağlayan gözeneklerdir. Sayısının fazla olması  $CO_2$  alımını kolaylaştırır.
- \* **Kütikula Kalınlığı:** Yaprak üzerindeki mumsu tabakadır. Kalın olması su kaybını önler ancak ışık geçirgenliğini azaltabilir (Kurak bölge bitkileri).



# TARİHSEL GELİŞİM VE BİLİM İNSANLARI

- \* **Van Helmont:** Bitki kütlesindeki artışın topraktan değil, sudan kaynaklandığını savunmuştur.
- \* **Priestley:** Bitkilerin kirlenen havayı temizlediğini ( $O_2$  ürettiğini) keşfetmiştir.
- \* **Engelmann:** Işığın dalga boyunun fotosentez hızına etkisini göstermiştir.
- \* **Calvin:** Işıktan bağımsız reaksiyonların (Karbon tutma) mekanizmasını açıklamıştır (Nobel Ödülü).
- \* **Van Niel:** Fotosentezde açığa çıkan oksijenin kaynağının su olduğunu ileri sürmüştür, daha sonra izotop deneyleriyle (Ruben ve Kamen) bu kanıtlanmıştır.
- \* **Blackman:** Minimum yasasını ortaya koymuştur.



**Dikkat**  
Kutusu

**DİKKAT:** Bilim insanlarının isimleri ve temel katkıları, bilimin kümülatif (birikimli) ilerleyişini anlamak açısından önemlidir.