Güneş Yelkeni

Dr. Nevsan Şengil

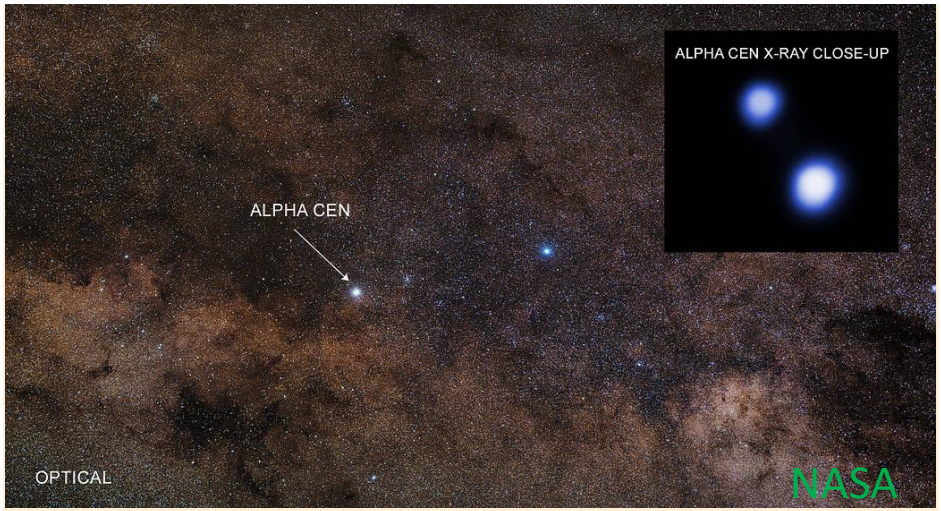
TÜRK HAVA KURUMU ÜNİVERSİTESİ

HAVACILIK ve UZAY BİLİMLERİ

Tanıtım

- Bir uzay aracını en yakın yıldız sistemi (4.37 Işık Yılı) olan Alpha Centauri Takım Yıldızlarına 900 senede gönderebilmek için gereken yakıt miktarı aşağıda yer alan Tabloda verilmektedir.
- $D = 4.1344 \times 10^{13}\ \mathrm{km}$
- $\bar{v} = 1457\ \mathrm{km/s} = \frac{c}{206}$

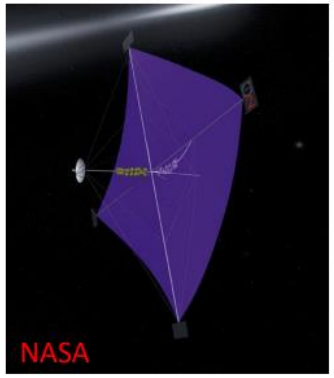
Kimyasal İtki	Atomun Parçalanması (Fisyon)	Atomların Birleştirilmesi (Füzyon)	İyon İtki
500 s	5.000 s	10.000 s	50.000 s
10^{137} kg	10^{17} kg	10^{11} kg	10^{5} kg

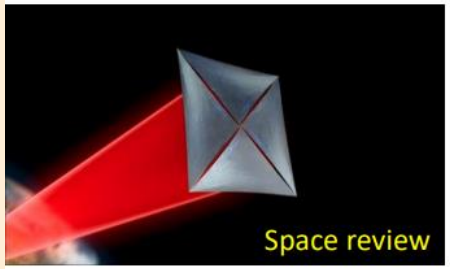


Netice: Güneş sistemimizden çıkıp yıldızlara erişebilmek için yakıt gerektirmeyen teknolojilere ihtiyaç vardır.

Güneş Yelkeni

- Yakıtsız uzay aracı tasarımlarından birisi de Güneş yelkenidir.
- Güneş yelkenleri çok büyük bir yüzey alanına sahip, çok hafif malzemelerden imal edilmiş uzay araçlarıdır.
- Güneşten gelen fotonlar bu Güneş yelkenine çarpıp güneş yelkenini iterler.
- Güneş/yıldızlar;
  - Tükenmeyen enerji kaynağı ve,
  - Tükenmeyen bir yakıt kaynağıdır.
- İlaveten Güneş Yelkenlerini itmek için, çok güçlü Laser/Maser'lerden oluşan farklı yönlendirilmiş enerji kaynaklarının da kullanılması planlanmaktadır.

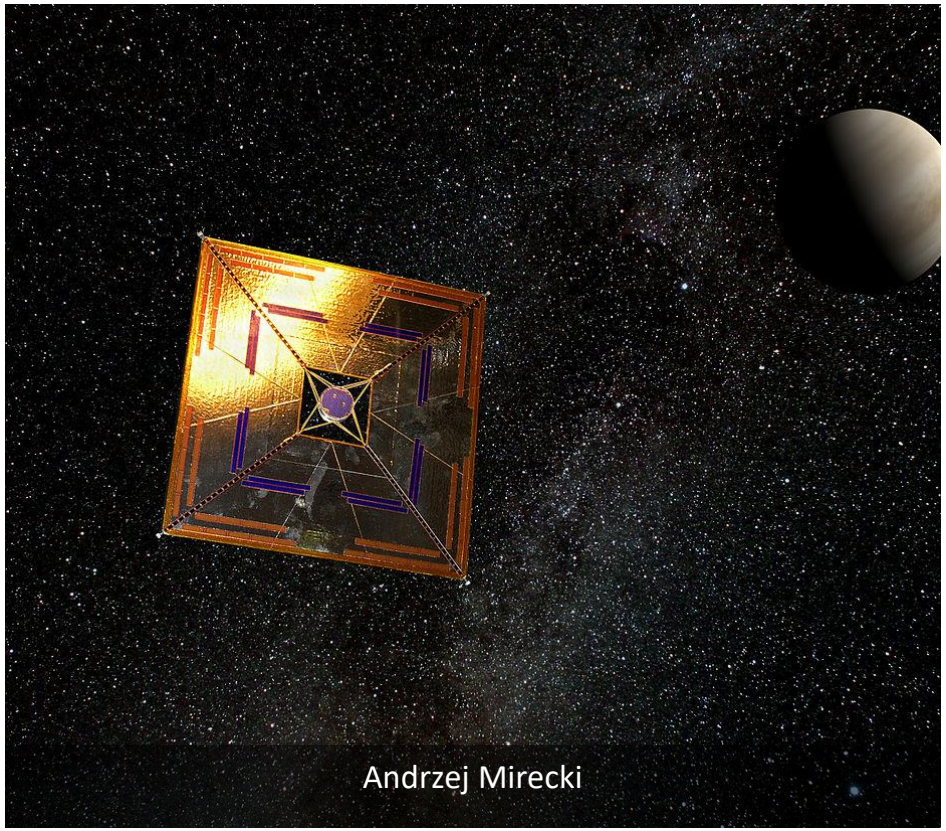




20

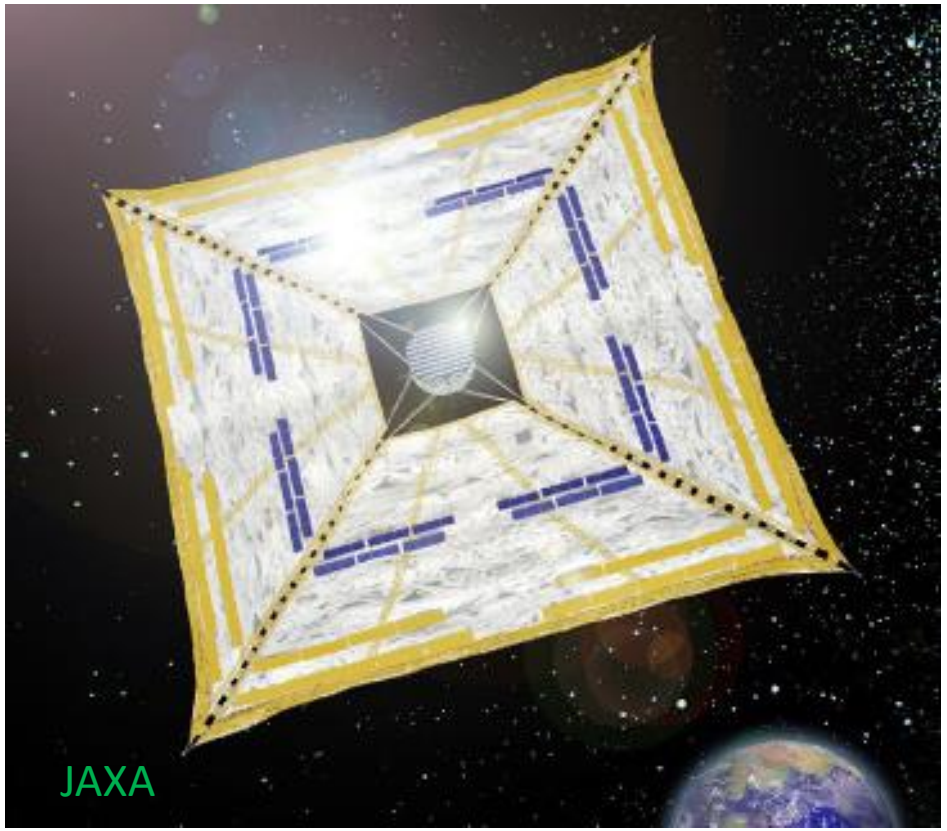
Güneş Yelkeni

- Her ne kadar fotonların kütlesiz oldukları varsayılsa bile, sahip oldukları yüksek hızdan dolayı çarptıkları Güneş Yelkenine bir momentum uygularlar.
- Örneğin yeşil renge sahip bir foton yelkene $2.54 \times 10^{-27}\ \mathrm{kg\ m/s}$ kadar bir momentum ekler.
- Güneşten 1 AU kadar mesafede, 800x800 m alanında bir Güneş Yelkenine 5 N kuvvet etki eder.
- Güneş yelkenlerinde hareketli parça sayısı çok kısıtlı olduğu ve yakıt kullanmadıkları için gezegenler arasında yük taşımak için de kullanılabilirler.
- Bu teknolojiyi göstermek için tasarlanan ilk uzay aracı IKAROS'tur.



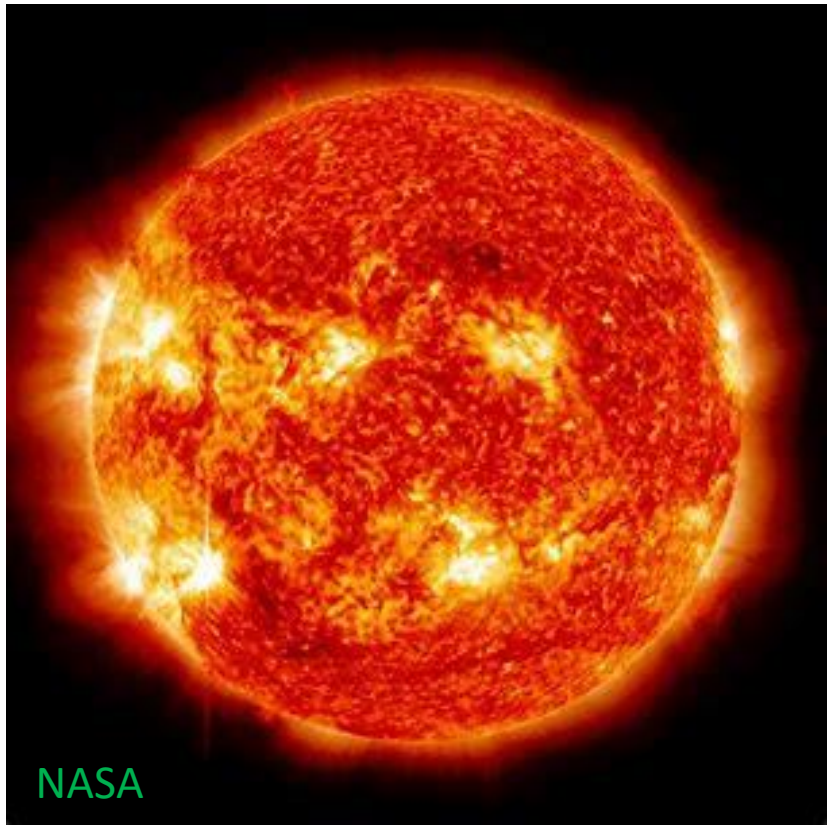
IKAROS

- IKAROS Japonya'nın uzay ajansı JAXA tarafında tasarlanmış ve üretilmiştir.
- IKAROS 20 Mayıs 2010 tarihinde uzaya gönderilmiş ve 8 Aralık 2010 tarihinde Venus gezegenine 80.800 km kadar yaklaşarak ilk görevini tamamlamıştır.
- Dört önemli teknoloji gösterimi amaçlanmıştır.
  - Büyük ve ince bir yelkenin uzayda seyri
  - İnce-filim güneş hücrelerinden enerji sağlanması
  - Radyasyon basıncı ile ivme kazanılması
  - Yansıma oranları değişebilen kristal paneller kullanılarak yönelim kontrolü yapılması
- Tasarım özellikleri
  - Toplam yelken kütlesi 0.5 kg
  - Toplam yüzey alanı 200 m2
  - Yelken inceliği 7.5 mikrometre

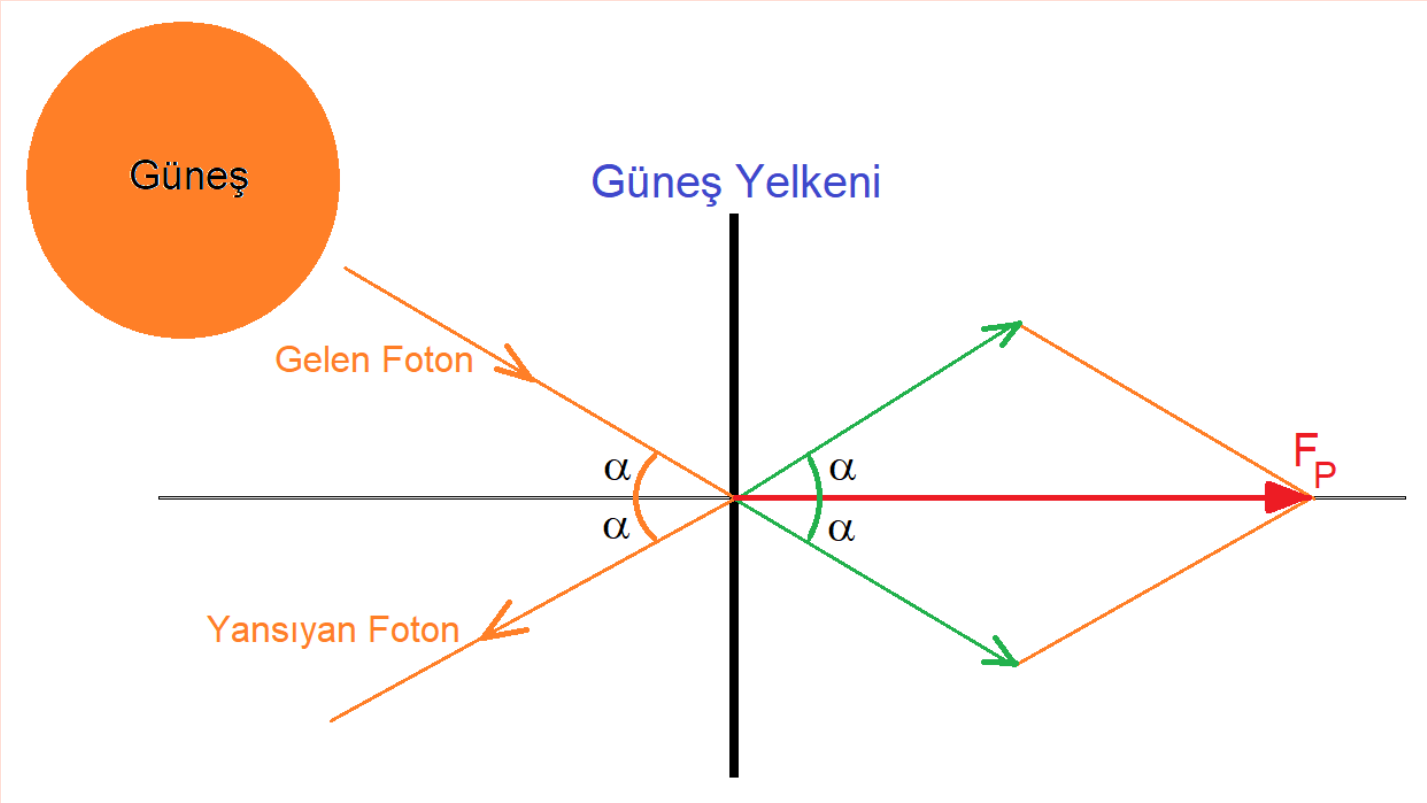


Temel İlkeler

- Güneş radyasyonu yelkene çarpan fotonların yansıması veya yutulmaları nedeniyle bir basınç uygular.
- Bir fotonun momentumunu hesaplamak için aşağıda verilen denklemler kullanılır:
  - $p = E/c$
  - $p = h/\lambda$
- Dünya çevresinde ($r = 1\ \mathrm{AU}$) güneş sabiti $G_{SC} \cong 1361\ \mathrm{Wm}^{-2}$
- Güneş radyasyon basıncının hesaplanması için:
  - $P = \frac{G_{SC}}{c}$
  - $P = \frac{1361}{3\times10^8} \cong 4.5\ \mu\mathrm{Pa}$



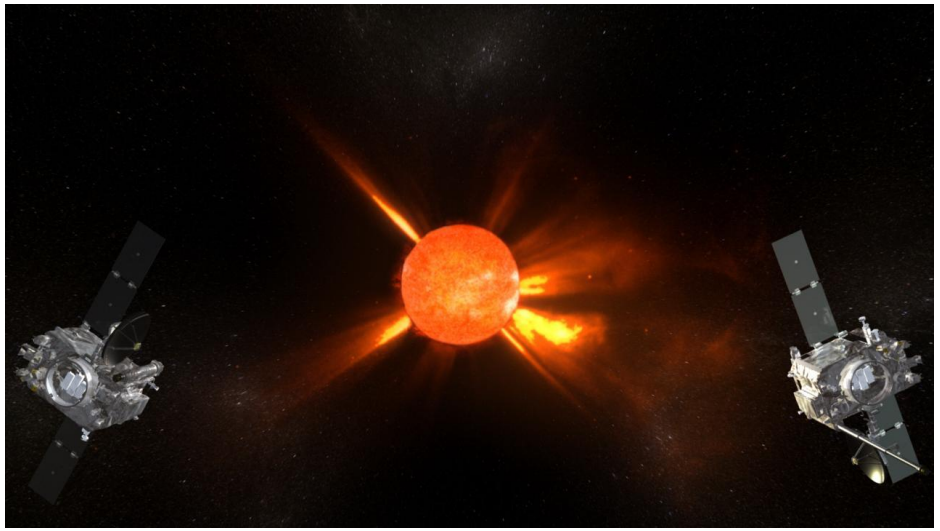
Temel İlkeler



- Radyasyon basıncından kuvvete dönmek için:
  - $F = P \times A$
  - $F = 4.5\ \mu\mathrm{N}$
    - $A = 1\ \mathrm{m}^2$ tam yutulma
  - $F = 9\ \mu\mathrm{N}$
    - $A = 1\ \mathrm{m}^2$ tam yansıma
  - $F = 0.1458\ \mathrm{N}$
    - $A = 180 \times 180\ \mathrm{m}^2$
  - Eğer kütle $m = 1\ \mathrm{kg}$
  - İvme $a_P = \frac{F}{m} = 0.1458\ \ \mathrm{m/s^2}$

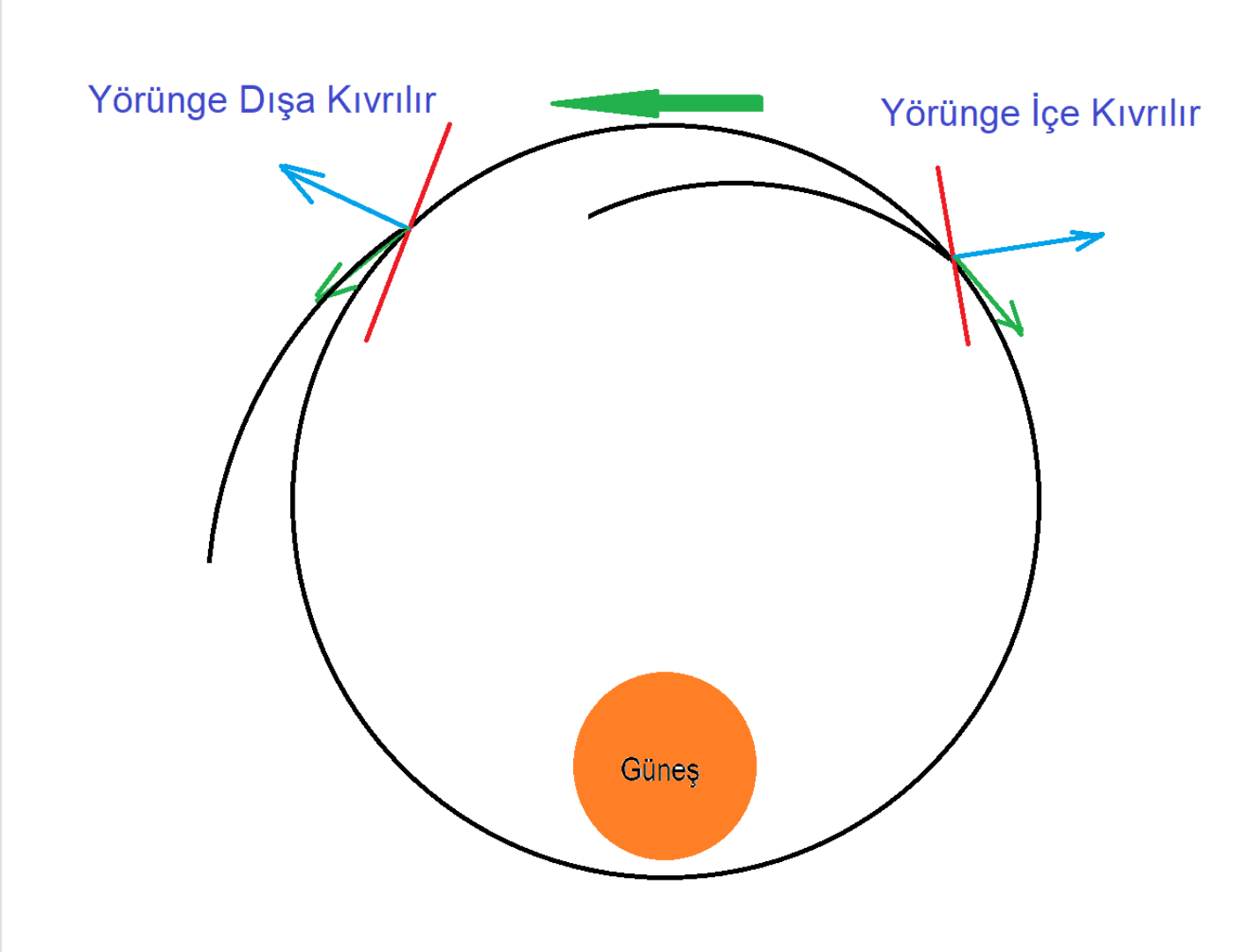
Yelken Parametreleri

- Güneş Yelkenine etkiyen bir diğer etken ise Güneşin çekim kuvvetidir.
  - Güneşin kütlesi $M_S \cong 2 \times 10^{30}$ kg
  - 1 AU mesafede Güneşin çekim kuvvetinden gelen ivme
    - $a_S = G\frac{M_S}{r^2}$
    - $r = 1\ AU = 8.5 \times 60 \times 3 \times 10^8 = 1.53 \times 10^{11}$ m
    - Yer çekimi sabiti $= 6.674 \times 10^{-11}\ \mathrm{m^3 kg^{-1} s^{-2}}$
    - $a_S = 0.0057\ \mathrm{m/s^2}$
- Dolayısı ile Güneş Yelkenine 1 AU mesafede etkiyen Güneş radyasyonu basıncı ve çekim kuvveti nedeniyle oluşan ivme:
  - $a_T = a_P - a_S = 0.1458 - 0.0057 = 0.1401\ \mathrm{m/s^2}$



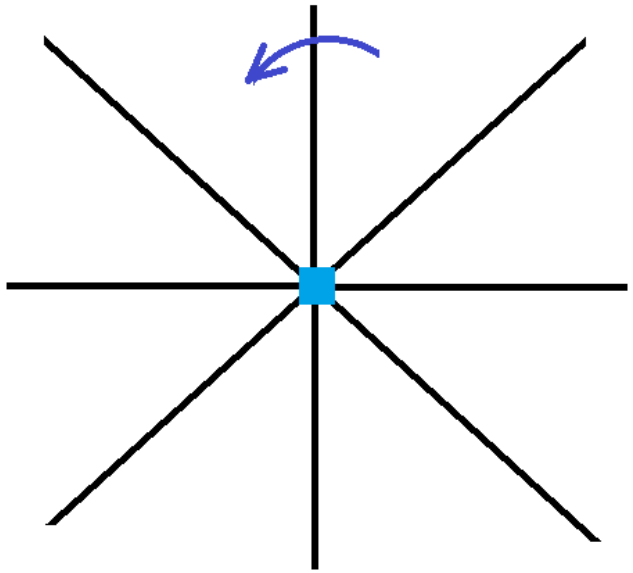
NASA

Yörünge Dinamiği

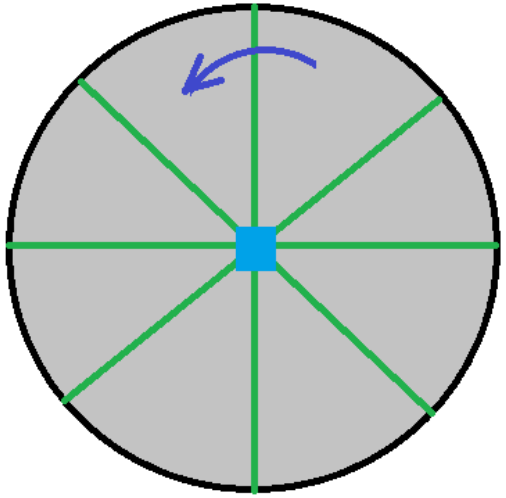


Güneş Yelkeni Tasarımları

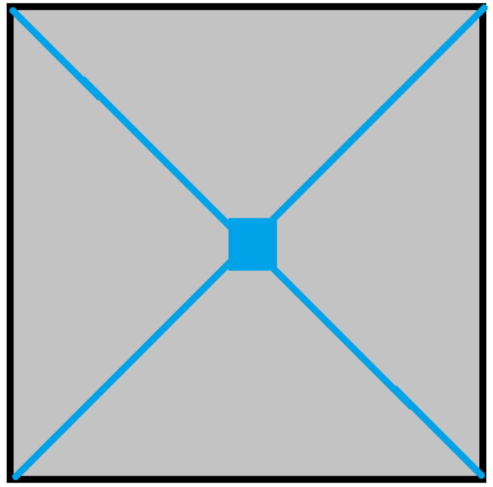
Görev Yükü



Güneşdöner

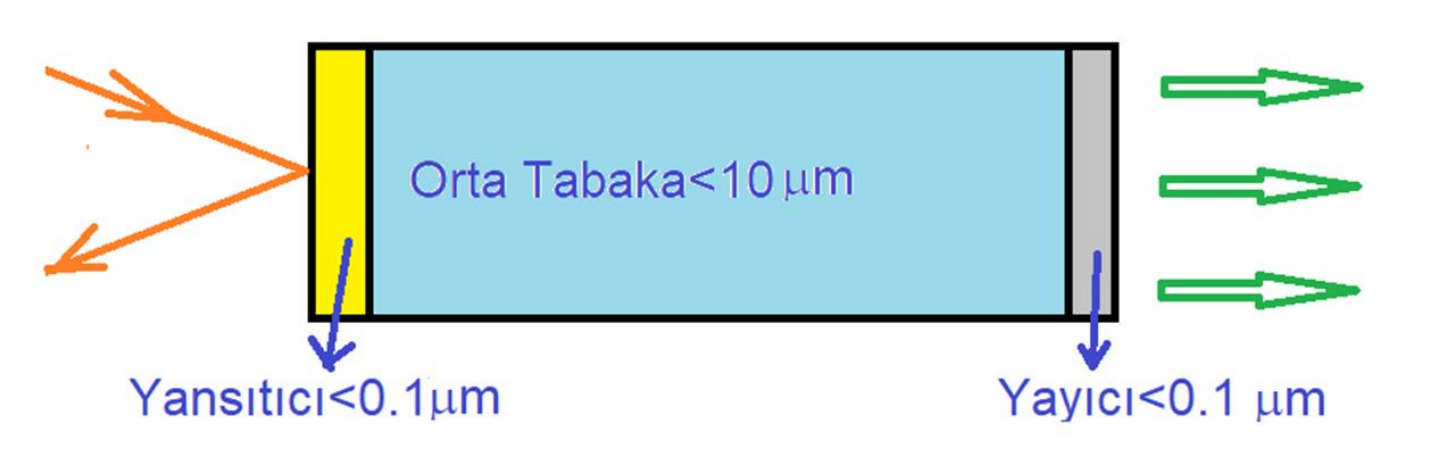


Daire Yelken



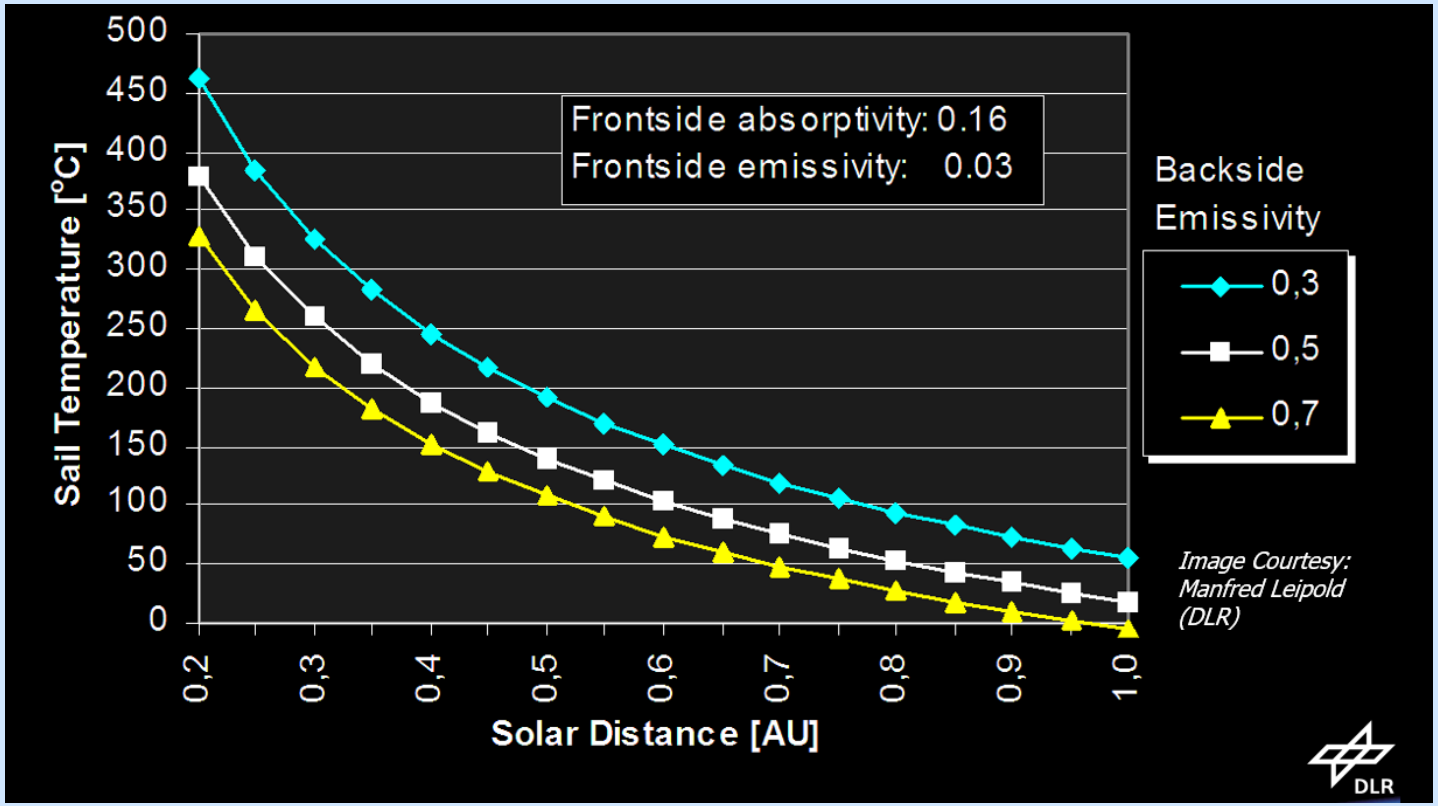
Kare Yelken

Yelken Malzemesi



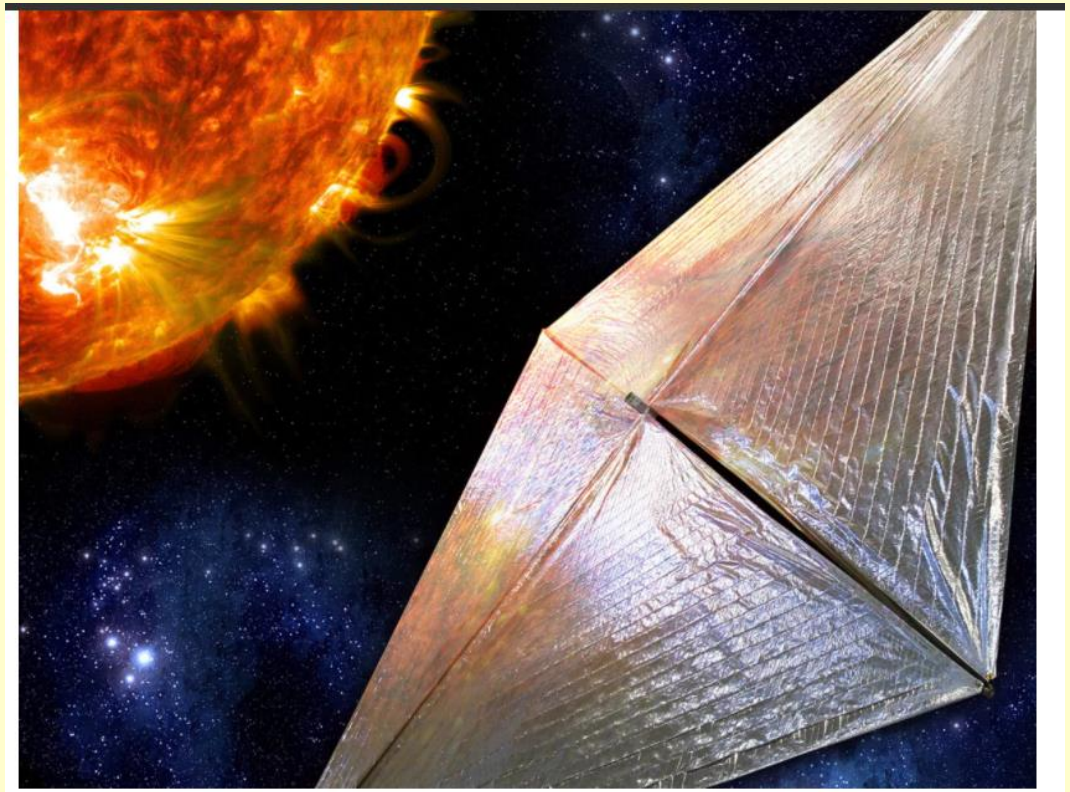
Yansıtıcı	Orta Tabaka	Yayıcı
Aluminyum	Kapton	Aluminyum
Gümüş	Mylar	Krom
Altın	Polymide	Kalay

Sıcaklık Limitleri



- Güneş yelkeni sıcaklığı
  - Güneşe olan uzaklık
  - Yelken açısı
  - Yansıtma katsayısı
  - Yayma katsayısının bir fonksiyonudur.
- Genel bir kabul olarak Güneşe olan mesafenin 0.25 AU'dan daha yakın olmaması gerekmektedir.

Yönelim Kontrolü

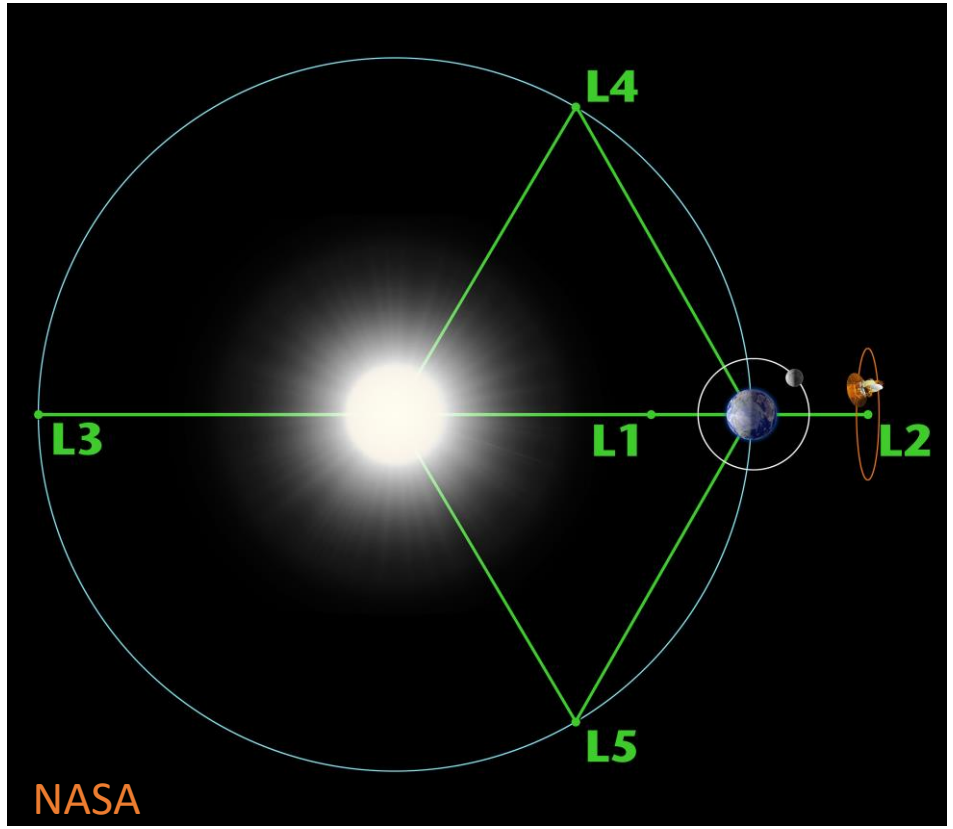


SOLAR CRUISER This artist's concept shows Solar Cruiser and the Sun. *Image: NASA*

- Güneş yelkenleri aktif yönelim kontrolü gerektirirler.
- Mikro iticiler
- Tepki tekeri
- Yansıtıcı kanat
- Yelken direği ayarı
- Kütle kaydırma
- Yelken kanatları
- Yelken yüzey alanı ayarı
- Yerel yansıma azaltılması

Muhtemel Uzay Görevleri

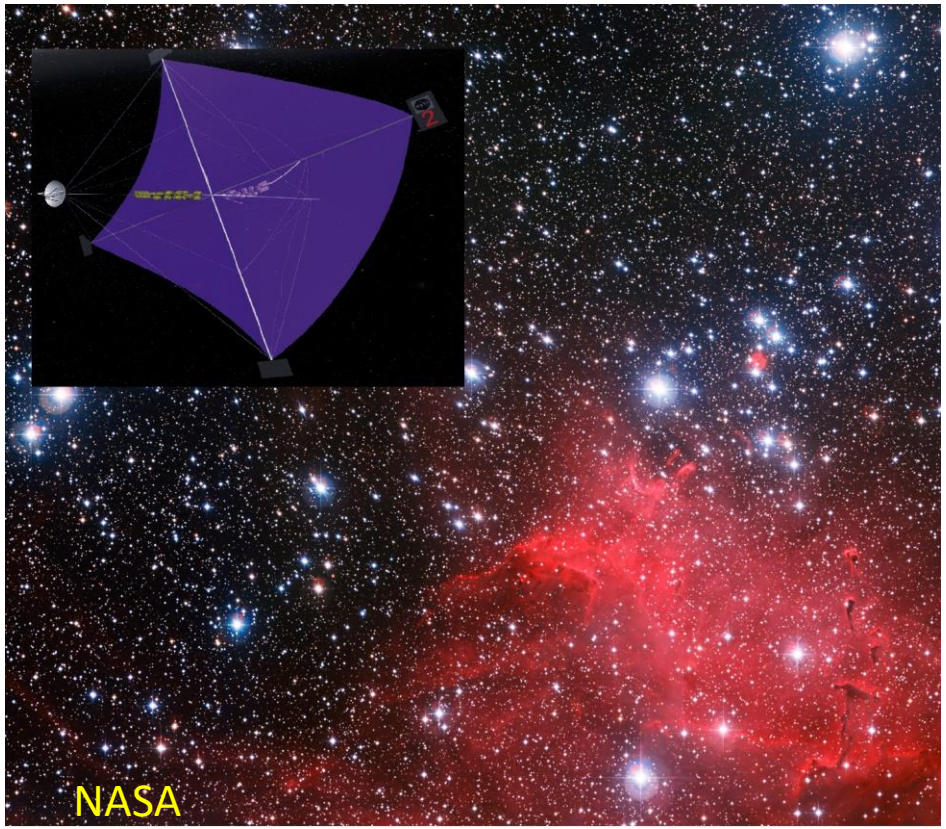
- Dünya etrafındaki yörüngeler
- Lagrange noktaları
- Asteroid ile buluşma
- Güneşe yakın gezegenler
- Asteroid kuşağı
- Dünya ötesi gezegenler
- Kuiper Kuşağı
- Güneş Sistemi sınırı
    - 100-150 AU
- Güneş görevleri
- Kepler-olmayan yörüngeler
- Yıldızlar arası görevler



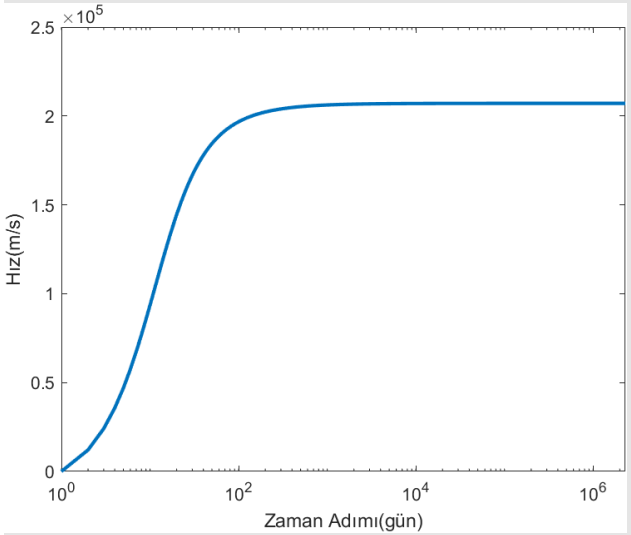
NASA

Örnek Çözüm

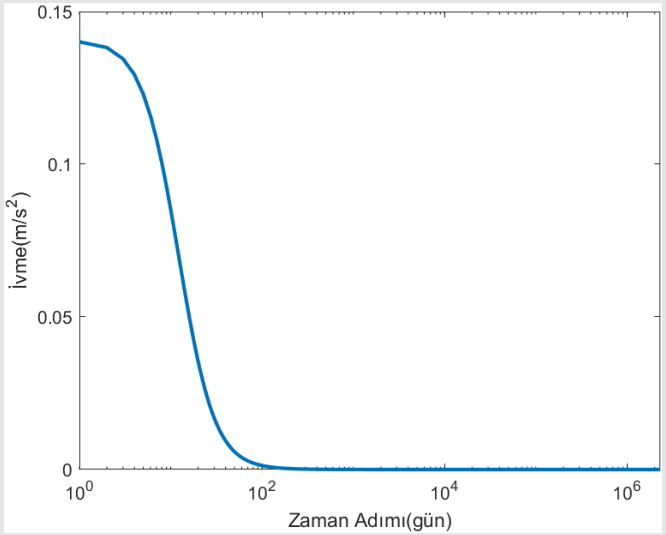
- Güneşe 1 AU uzaklıktan başlayarak Alpha Centauri'ye gidecek $(\mathrm{R} = 270.220\ \mathrm{AU})$ bir Güneş yelkeni için gereken seyahat süresi hesaplanması
  - Yelken alanı $A = 180 \times 180\ \mathrm{m}^2$
  - $a = \frac{0.1401}{D^2}$
  - $D = \frac{x}{D_{ref}}$
  - $D_{ref} = 1\ AU = 1.53 \times 10^{11}\ \mathrm{m}$
- Leap-Frog Yöntemi
  - $a_i = A(x_i)$
  - $v_{i+1/2} = v_{i-1/2} + a_i \Delta t$
  - $x_{i+1} = x_i + v_{i+1/2} \Delta t$



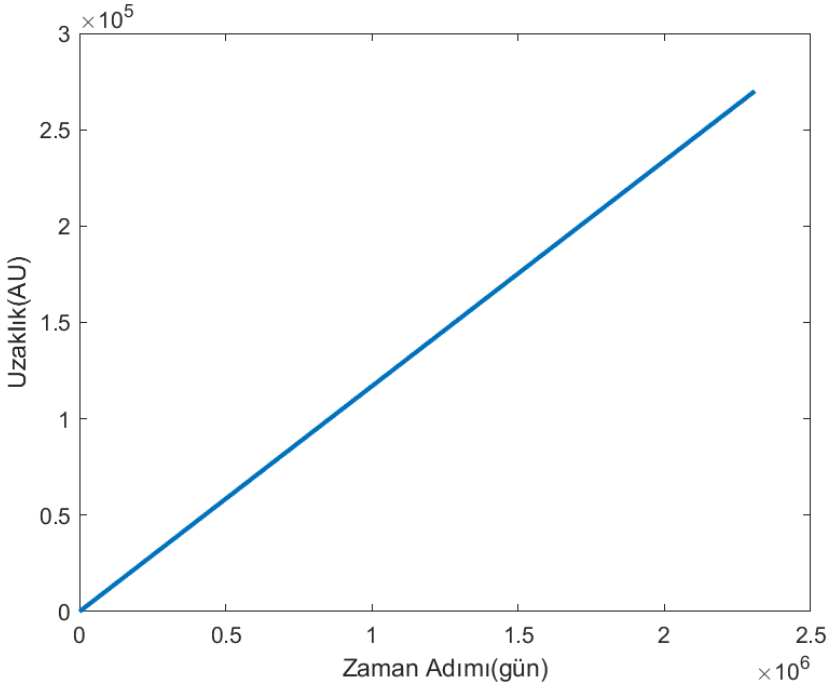
Örnek Çözüm



Azami hız 207 km/s



Azami ivme 0.1401 m/s^2



Seyahat süresi 6325 sene