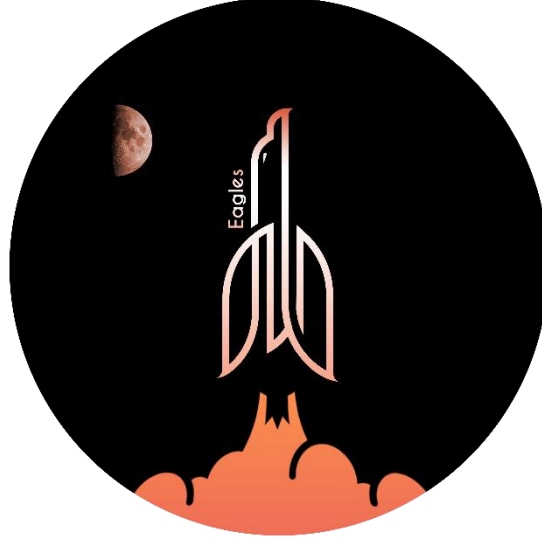


TEKNOFEST-2022 ROKET YARIŞMASI

**ÖTR AŞAMASI**

**UÇUŞ BENZETİMİ VE RAPOR GEREKSİNİMLERİ**



**MBK Eagles**

**Roket Takımı**

# İÇİNDEKİLER

1.Sorular ve Cevaplar.....	3
2.Kinematik Denklemler.....	5
2.1.Hız Denklemleri.....	5
2.2.Konum denklemleri.....	6
2.3.Uçuş Yolu Açısı Hesabı Denklemi.....	6
3.Benzetim Yapısı.....	7
3.1.Benzetim yapısı ve çözüm yöntemi.....	8
3.2.Kullanılan araçlar/yazılımlar.....	8
4.Benzetimin Doğrulanması.....	8

## 1.Sorular ve Cevaplar

**Soru 1:** Kinematik ve dinamik hareket denklemleri nedir, aralarındaki farklar nelerdir?

**Cevap:** Kinematik; hareketin bağılı olduğu faktörleri hesaba katmadan, sadece hareketin özelliklerini (hız, ivme, yön gibi) ve sonucunu inceler. Dinamik ise hareketin bağılı olduğu faktörleri hesaba katarak hareketin sebebini ve değişimini inceler. Hareket halindeki cisimlerin ivmelenme durumlarında ortaya çıkan iç ve dış kuvvetler haricinde atalet kuvvetlerini de ele alır.

Kinematik ve dinamik hareket denklemleri arasındaki temel farklar hareketin bağılı olduğu faktörlerin incelenmesiyle ortaya çıkar. Kinematik denklemler, sabit ivme altında cisimlerin hareketinin özellikleri incelerken; dinamik denklemler, hareketin faktörlerini ve değişimini de hesaba katarak iç, dış ve atalet kuvvetlerini inceler.<sup>[1]</sup>

**Soru 2:** İki serbestlik dereceli kinematik benzetimin, roket dinamik denklemlerinin (motor itki kuvveti ve aerodinamik sürüklenme kuvveti) de katılarak roket uçuşuna uyarlanması ile elde edilecek uçuş benzetimi, roket tasarımında ne amaçlarla kullanılabilir, faydaları nelerdir?

**Cevap:** Roketin uçuşu simüle edilirken gerçek roket uçuşuna daha yakın sonuçlar elde edilmesi sağlanabilir. Roketin hız ve ivme değerleri, roket gerçekten fırlatıldığında oluşacak olan değerlere yaklaşacaktır. Bu sayede rokete uygulanacak itki kuvveti ve buna karşılık oluşacak aerodinamik sürüklenme kuvvetinin uçuşa uyarlanması sonucu ulaşılabilecek irtifa değeri, sadece iki serbestlik dereceli kinematik benzetim kullanılarak ulaşılabilecek irtifa değerine göre daha doğru olacaktır. Bunun dışında uçuş süresi hesabı da önceki hesaba göre daha doğru şekilde yapılabilir.

**Soru 3:** İki serbestlik dereceli dinamik uçuş benzetimine Y eksenini etrafında açısal hareket eklenerek elde edilecek 3 serbestlik dereceli benzetimin getireceği faydalar nelerdir? Bu benzetimin kullanılması için roketin ek olarak hangi bilgilerinin bilinmesi ve kullanılması gerekir? Not: TEKNOFEST Roket Yarışması kapsamında bu şekilde bir 3 serbestlik dereceli benzetim yapılmamaktadır.

**Cevap:** Bu benzetim, roketin ne kadar stabil bir uçuş gerçekleştirdiğini öğrenmeyi sağlayabilir. Uçuş boyunca roketin yer ile yaptığı açı bilgisine ulaşılabilir. Bu bilgiler kullanılarak hesaplanacak irtifa bilgisi gerçeğe çok daha yakın bir değer olacaktır. Bu benzetimin kullanılabilmesi için roketin ait basınç merkezi ve ağırlık merkezinin birbirine olan uzaklığı bilinmelidir.

## 2.Kinematik Denklemler

(1.1 nolu maddede belirtilen eksen takımına göre formüller paylaşılmıştır.)

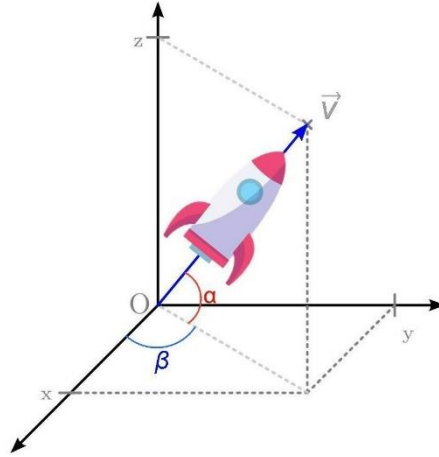
### 2.1.Hız denklemleri:

$$v = v_0 + a \cdot t^{[1]}$$

Bu formülün nereden geldiğini şu şekilde gösterebiliriz:

$$a = \frac{dv}{dt} \rightarrow dv = a dt^{[1]}$$

$$\int_{v_0}^v dv = a \int_{t_0=0}^t dt \rightarrow v \Big|_{v_0}^v = a \cdot t \Big|_0^t^{[1]}$$



X – Z yönündeki hız:

$$v_{xz} = v \cdot \cos \beta$$

Z yönündeki hız:

$$v_z = v_{xz} \sin \alpha$$

X yönündeki hız:

$$v_x = v_{xz} \cos \alpha$$

Y – Z yönündeki hız:

$$v_{yz} = v \cdot \sin \beta$$

Y yönündeki hız:

$$v_y = v_{yz} \cdot \cos \alpha$$

Hızın y yönündeki bileşkesi 0 olduğu için  $v_y$  sürekli 0 olacaktır. Bundan dolayı sonraki denklemlerde y eksenini hesaplamaları dahil edilmeyecektir.

## 2.2.Konum denklemleri:

Zamana bağlı konum denkleminin elde edilmesi

$$v = \frac{ds}{dt} \rightarrow ds = v dt^{[1]}$$

$$\int_{s_0}^s ds = \int_{t_0=0}^t v dt \rightarrow s_{s_0} = \int_{t_0=0}^t (v_0 + a \cdot t) dt^{[1]}$$

$$s - s_0 = v_0 \int_{t_0=0}^t dt + a \int_{t_0=0}^t t dt^{[1]}$$

$$s - s_0 = v_0 t - \frac{1}{2} a \cdot t^2 - \frac{1}{2} a \cdot (t_0)^2^{[1]}$$

$$s = s_0 + v_0 t - \frac{1}{2} a \cdot t^2^{[1]}$$

Verilen denklemler sadece ivmenin sabit olduğu durumlarda geçerlidir.

X yönündeki konum değişimi:

$$s_x = s_{x_0} + v_{x_0} t - \frac{1}{2} a_x \cdot t^2$$

Z yönündeki konum değişimi:

$$s_z = s_{z_0} + v_{z_0} t + \frac{1}{2} a_z \cdot t^2$$

## 2.3.Uçuş Yolu Açısı Hesabı Denklemi:

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha}$$

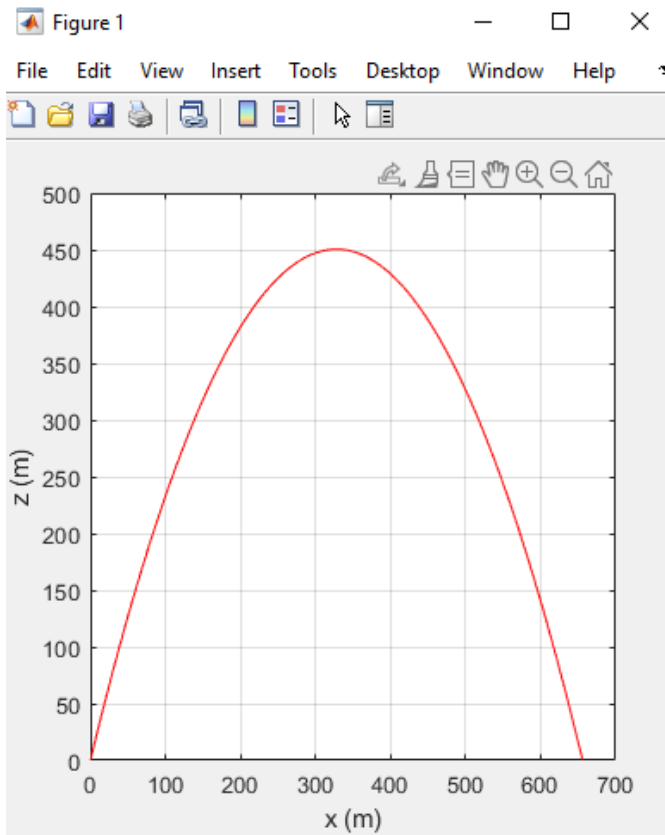
$$\tan \alpha = \frac{d(\Delta s_z)}{d(\Delta s_x)}$$

$$\tan^{-1} \left( \frac{d(\Delta s_z)}{d(\Delta s_x)} \right) = \alpha$$

### 3.Benzetim Yapısı

ows ▶ System32 ▶

```
Editor - C:\Users\berkc\Documents\MATLAB\Eagles3dof.m
Eagles3dof.m
1 - a = -9.801;
2 - v0 = 100;
3
4 - alpha = 70;
5 - t = 0:0.01:19.17;
6 - sz0 = 0;
7 - sx0 = 0;
8
9 - vx0 = v0*cosd(alpha) + 0*t;
10 - vz0 = v0*sind(alpha) + a*t;
11
12 - sz = sz0 + vz0.*t - (1/2) * a .*t.*t;
13 - sx = sx0 + vx0.*t - (1/2) * 0 .*t.*t;
14
15 - plot(sx,sz,'r')
16 - xlabel("x (m)")
17 - ylabel("z (m)")
18 - grid on
```



**3.1.Benzetim yapısı ve çözüm yöntemi:** Oluşturduğumuz benzetimde kinematik denklemleri matlab programına uygun şekilde aktardık. Ardından aktardığımız denklemlerin 0.01 periyotlarla sayısal entegrasyon yöntemi ile çözümlenmesini sağladık. Uçuş süresi;

$$t = 2v/a^{[1]}$$

formülü ile hesaplanabilir. Hesaplanan değer 19.17 olup benzetimde kullanılmıştır.

Çözüm sonucu olarak yukarıdaki gibi bir grafik çıktısı elde edilmiştir. Bu çıktı el ile yapılan matematiksel hesaplar ile doğrulanmıştır. Değerlerin mantıksal olarak da doğru olduğu tespit edilmiştir.

**3.2.Kullanılan araçlar/yazılımlar:** Benzetim yapılabilmesi için kod yazılmıştır. Kodu çalıştırmak için matlab programı kullanılmıştır.

## 4.Benzetimin Doğrulanması

Doğrulama Başlangıç Koşul Değeri	
	Değer
Pozisyon [m]	[0, 0, 0]
Hız (bileşke) [m/s]	100
Uçuş Yolu Açısı [derece]	70

Benzetim Çıktı Formatı	
	Değer
Tepe Noktası Yüksekliği [m]	450.48
Tepe Noktası Hızı (bileşke) [m/s]	34.20
Tepe Noktası Zamanı [s]	9.59
Son Pozisyon [m]	[655.65, 0, 0.51]
Son Hız (bileşke) [m/s]	99.94
Son Uçuş Yolu Açısı [derece]	69.9
Son Uçuş Zamanı [s]	19.17



## Referanslar

[1] [https://tr.wikipedia.org/wiki/At%C4%B1%C5%9F\\_hareketi](https://tr.wikipedia.org/wiki/At%C4%B1%C5%9F_hareketi)