# GAZİ ÜNİVERSİTESİ FEN FAKÜLTESİ
# FİZİK BÖLÜMÜ

# FİZ-157 Temel Fizik Laboratuvarı
# Deney Kitapçığı

**Ankara-2022**

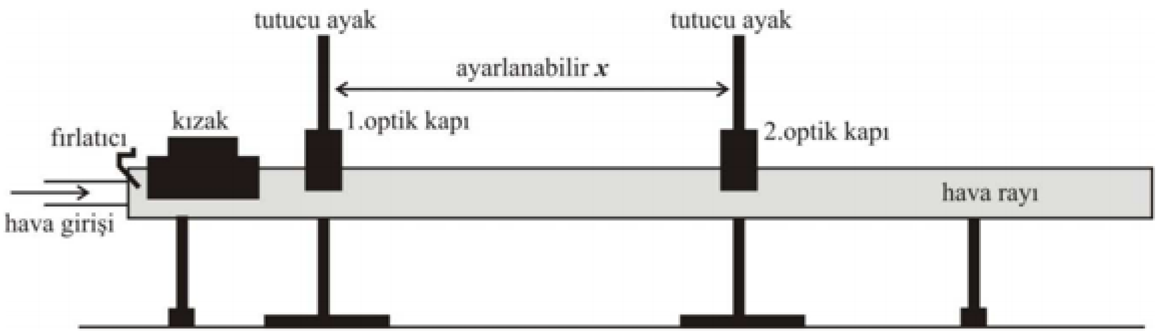
**İçindekiler**

# GİRİŞ

## HAVA RAYI

Hava Rayı Sistemi (Şekil 1), basınçlı bir hava pompası, üzerinde kızakların hemen hemen sürtünmesiz olarak kayabildiği bir raydan ve kronometreye bağlı iki optik kapıdan oluşur. Rayın altında yataylığı sağlayan ayar vidaları, üstünde de hava delikleri vardır. Basınçlı hava pompasından gelen hava bu deliklerden çıkarak bir hava yastığı oluşturur ve ray üzerinde hareket eden kızakla ray arasındaki sürtünmeyi en aza indirir, ideal durumda sürtünme sıfırdır.

Ray üzerine, kızağın belirli bir yolu ne kadar zamanda aldığını ölçmek için iki tane optik kapı yerleştirilir. Kızak bu optik kapıların ilkinden geçtiği anda kronometre saymaya başlar ve kızak ikinci optik kapıyı geçtikten sonra da kronometre durur. Böylece kızağın, belli bir *x* mesafesini ne kadar sürede aldığı ölçülür. O zaman, yer değiştirme ve zaman bilindiğine göre, cismin hareketi analiz edilebilir.




**Şekil 1.** Hava Rayı Deney Sistemi

## HAVA RAYININ ÇALIŞTIRILMASI:

**<u>UYARI! Hava pompası kapalıyken kızağı ray üzerinde hareket ettirmeyiniz.</u>**

**1.** Rayın ayaklarındaki ayarlı vidaları kullanarak hava rayının yatay olmasını sağlayınız. Bunun için hava pompasını açınız, kızağı rayın ortasına bir yere bırakınız. Ray yatay olduğunda kızak sağa sola hareket etmeyecektir.

**2.** Ölçümler sırasında hava rayının sarsılmamasına dikkat ediniz.

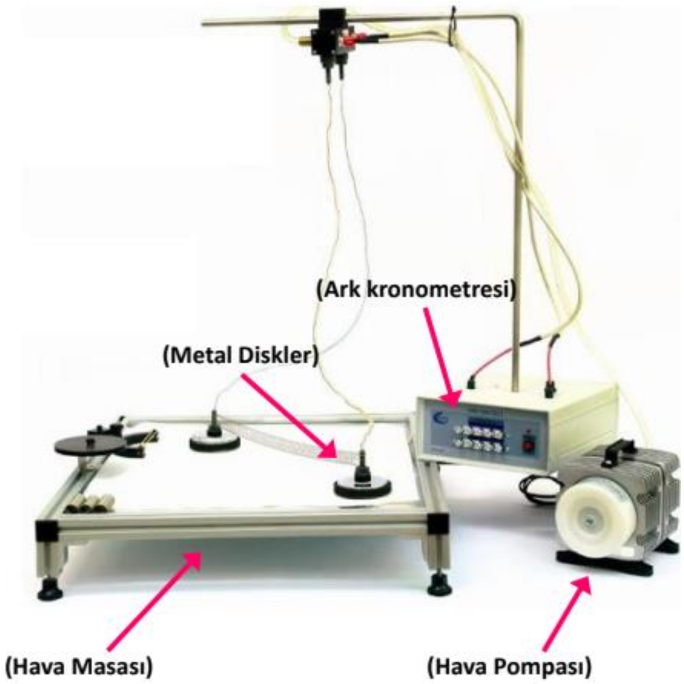
**3.** Tekrar eden ölçümler durumunda, kızağı hemen hemen aynı şekilde bırakmanız, daha iyi sonuçlar elde etmenizi sağlayacaktır.

**HAVA MASASI:**

Hava masası deney düzeneği başlıca aşağıdaki kısımlardan oluşmaktadır (Şekil 2).

- **a.** Hava Masası,
- **b.** Diskler,
- **c.** Ark kronometresi,
- **d.** Hava pompası.

Hava masası, metal çerçeveye yerleştirilmiş kalın cam ve eğim sağlamak için yüksekliği ayarlanabilir vidalı ayaklardan oluşur. Deney düzeneğinde hava pompasından gelen basınçlı hava, dağıtıcı plastik hortumlardan geçerek disklere ulaşır. Diskler plastik hortumların içinden geçen iletken zincirler yardımıyla ark kronometresine bağlanmıştır. Disk ve masa yüzeyi arasında oluşan hava yastığı disklerin sürtünmesiz olarak hareket etmesini sağlar. Masa yüzeyi ve diskler arasına sırasıyla iletken karbon kağıt ve deney verilerini kaydetmede kullanılan iz kağıdı konmuştur. Ark kronometresi, zamanlı ayarlı sinyal üreterek diskin alt kısmında kıvılcım oluşmasını sağlar. Kıvılcımların oluşturduğu darbe nedeniyle, iz kağıdının arka yüzünde diskin noktalardan oluşan hareket yörüngesi elde edilir. Disklerin hareket süresince zamana bağlı olarak saptanmış konumları sayesinde deney sonuçları gözlenebilir verilerle grafiksel olarak elde edilebilir.




**Şekil 2.** Hava Masası Deney Sistemi

**HAVA MASASININ ÇALIŞTIRILMASI:**

**1.** Deney kağıdı (iz kağıdı) karbon kağıdının üstüne yapıştırılmadan düzgün bir şekilde yerleştirilir.
**2.** Ark pedalı rahatlıkla kullanabilecek bir konuma yerleştirilir. Hava pompasının çalışması ile disklerin hava masasında hareket ettikleri gözlenir. Hareketli disklerin hareketleri süresince konumlarını belirlemek için ark pedalına basılır. Deneyde disklerden yalnızca birinin kullanılmasının gerektiği durumlarda, diğer disk masanın uygun bir köşesine, karbon kağıdının üstünde kalacak şekilde bırakılır.
**3.** Hava masasının yatay durumda olup olmadığını belirlemek için diskler masanın merkezine yerleştirilerek hava pompası açılır, diskler tam ortada hareketsiz kaldığında hava masası yatay konumdadır. Fakat diskler hava pompasının açılması ile hareket ediyorsa hava masası eğimlidir, bu durumda masanın ayaklarının vidaları kullanılarak hava masası yatay duruma getirilir.
**4.** Her iki disk deney kağıdının üstüne konulur, hava pompası açılır, diskler hafifçe itilir ve ark pedalına basılır. Diskler masanın kenarına geldiğinde ark pedalı serbest bırakılır ve iz kağıdının arka yüzünde disklerin kıvılcım izleri görülür. Ark kronometresinin frekansı değiştirerek aynı işlem tekrarlanabilir.

**GRAFİK ve GRAFİK ÇİZİMİ:**

Deney sonuçlarının grafiklerle verilmesi, pratik ve kolay anlaşılır oluşu nedeniyle yaygın olarak kullanılır. Grafik çiziminde aşağıdaki kurallara uyulmalıdır;

**1**. Grafiğin adı ve tarihi yazılmalıdır.

**2**. Eksenlerin hangi büyüklüklere karşılık geldiği ve birimlerinin ne olduğu belirtilmelidir.

**3.** Her türlü yazı ve rakamlar kolayca okunabilir şekilde yerleştirilmelidir.

**4.** Grafikte birim uzunluklar, çizilen grafik bütün kağıdı kaplayacak şekilde seçilmelidir. Grafik eksenleri kendi içinde uygun bir şekilde ölçeklendirilmelidir.

**5.** Veriler grafik üzerinde nokta olarak işaretlendikten sonra noktalar çember içine alınmalıdır.

**I. Grafiğin Önemi**

Fiziksel ifadeler, teorik ve deneysel olmak üzere iki yoldan elde edilir. Teorik yöntemde varsayımlardan yola çıkılır, beklenen sonuçların deneyle uygunluğu araştırılır. Bunlar deneyle ispatlanmadıkça bir fizik kanunu olarak kabul edilmez. Deneysel yöntemde kanun veya bağıntı tamamen deneysel sonuçlara dayanır. Bunlar teorik olarak elde edilmese bile doğrulukları kesindir.

## II. Grafiğin Yararları

Deneysel olarak elde edilen verilere göre çizilen grafiğin fiziksel anlamını araştırma işlemine *grafik analizi* denir. Grafik analizinin önemli yararları şunlardır;

- Grafik, ölçülen büyüklükler arasında bir bağıntının bulunup bulunmadığını gösterir. Veri çizelgesinden bunu doğrudan görmek mümkün değildir.

- Ölçülen büyüklükler arasında bir bağıntı varsa, grafik yardımıyla bunlar arasındaki matematiksel bağıntı elde edilir.

- Değişkenler arasında bağıntı bulunmasa bile, grafik yardımıyla, değişkenlerin ölçülmeyen değerleri bulunabilir.

## III. Grafik Çizimi

Grafikten beklenen yararların sağlanabilmesi için grafik çiziminde aşağıdaki hususların dikkate alınması gerekir. Bu yapılmadığında grafikten yanlış bir bağıntı bulunabilir veya grafik analiz edilemeyebilir. Grafik çizimindeki başlıca kurallar aşağıda listelenmiştir:

### 1. Koordinat Eksenlerinin Seçimi ve İşaretlenmesi

Serbest değişken yatay eksene, bağlı değişken düşey eksene yerleştirilir. Değişkenlerin adı ve parantez içinde birimleri yazılır.

### 2. Ölçek Seçimi

Yatay ve düşey eksende bir birim (1 cm) uzunluğun gösterildiği değere *ölçek* (ya da *fonksiyon ölçeği*) denir. Ölçek seçimi keyfidir. Ölçek ve değişkenlerin başlangıç noktasının seçiminde aşağıdaki kurallara uyulmalıdır.

**a.** Ölçekte, ölçülen büyüklüğün tam sayı değerleri gösterilmeli, tam sayıdan sonraki kesirli kısımlar gösterilmemelidir. Bu kurala uyulmadığında, hem verilerin işaretlenmesinde hem de grafikten değer okunmasında güçlük çekilir.

**b.** Veriler çok büyük ya da çok küçük sayılardan oluşuyorsa önce bunlar 10'un kuvvetleri şeklinde yazılırlar ve ölçek seçimi bundan sonra yapılır. Grafik kağıdında üslü çarpan parantez içinde büyüklüğün birimi ile birlikte yazılır.

**c.** Karşılaşılan verilere bağlı olarak $x$ ve $y$ eksenlerine ait ölçek birimleri eşit olmayabilir.

**d.** Serbest ve bağlı değişkenlerin sıfır değerleri grafiğin orijininde bulunabileceği gibi genellikle değişkenlerden birinin ya da her ikisinin sıfır değeri orijinde bulunmayabilir.

**e.** Grafik çizilirken *x* ve *y* eksenindeki değerler kesikli çizgilerle kesiştirilmemelidir.

**3. Verilerin İşaretlenmesi**

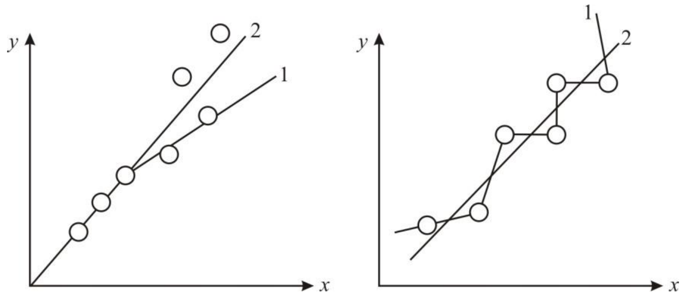
Verilerin yerleri ilgili eksenler üzerinde bulunur ve bu noktalardan eksenlere çıkılan dikmelerin kesim noktaları Şekil 1'deki sembollerden biri ile işaretlenir (Biz birinci sembolü kullanacağız.). *Veri değerleri kesinlikle koordinatlara yazılmamalıdır*. Aynı grafik kağıdına birden fazla grafik çizilecekse her eğri için ayrı bir sembol kullanılmalıdır.

⊙ △ ⊡ + ×

**Şekil 1.** Grafik çiziminde verilerin işaretlenmesinde kullanılan şekiller.

**4. Eğrinin Çizilmesi**

Verilerin eksenlere yerleştirilmesi bir eğri oluşturur. Burada eğri sözcüğü, hem doğru hem eğri çizgi anlamında kullanılmaktadır. Fizik kanunları ve bağıntıları basit denklemler şeklindedir. Veriler hata içerebileceğinden tüm noktalar eğri üzerinde bulunmayabilir. Hataların pozitif ve negatif olma olasılıkları eşit olduğundan *eğri, mümkün olduğu kadar çok sayıda noktadan geçecek ve noktaları ortalayacak şekilde çizilmelidir*. (Çizilen eğrinin tüm veri noktalarından geçmesi şartı yoktur. Dikkat edilecek husus, çizilen eğrinin altında ve üstünde eşit sayıda noktanın kalmasıdır). Şekil 2'de eğrinin nasıl çizileceği bazı örnekler üzerinde gösterilmiştir.




**Şekil 2.** Grafikte Eğri Çizimi. (1) yanlış çizimi; (2) doğru çizimi göstermektedir.

## DENEY-1: DÜZGÜN DOĞRUSAL HAREKET

**DENEYİN AMACI:** Düzgün doğrusal ve sabit ivmeli harekette yer değiştirmenin zamana bağlı değişimini incelemek.

**ÖN HAZIRLIK SORULARI:**

1. Korunumlu ve korunumsuz kuvvet ne demektir? Örneklerle açıklayınız.

**2.** Sürtünme kuvvetinin günlük hayatta avantaj ve dezavantajları nelerdir?

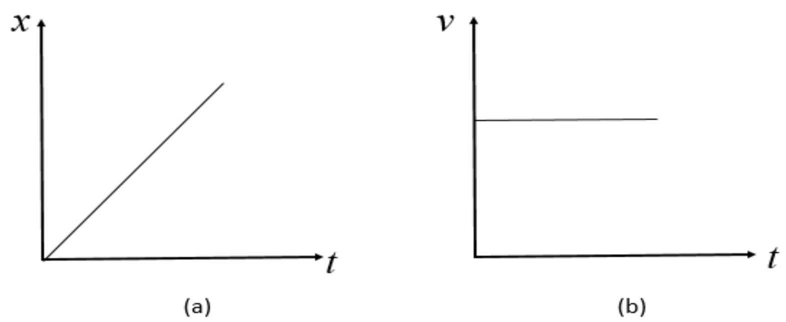
**TEORİK BİLGİ:**

Bir cisim doğrusal bir yörünge üzerinde sabit bir hızla hareket ediyorsa, düzgün doğrusal hareket yapar. Cisim eşit zaman aralıklarında eşit yollar alır ve hızı zamanla değişmez. Yer değiştirme $(\vec{x})$, hız $(\vec{v})$ ve zaman $(t)$ arasında,

$$x_s = x_i + v_{xi}t + \frac{1}{2}a_x t^2 \tag{1.1}$$

$$\vec{x} = \vec{v}t \tag{1.2}$$

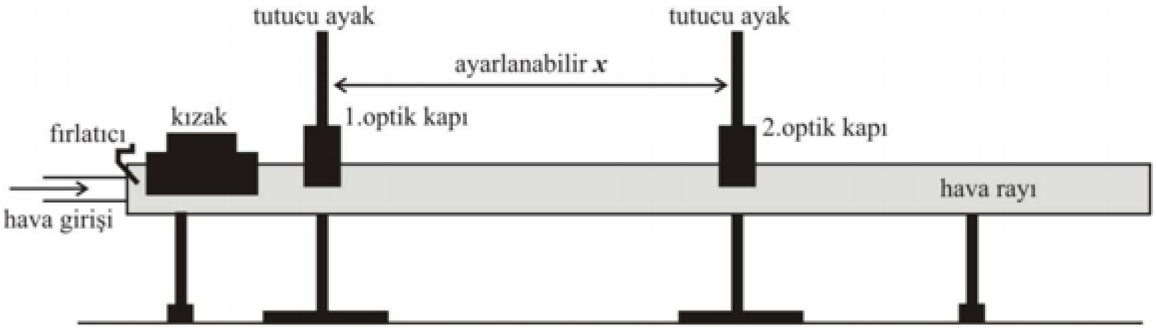
ilişkisi vardır. $\vec{x} - t$ grafiği ve $\vec{v} - t$ grafiği Şekil 1.1(a), Şekil 1.1(b)'de gösterilmiştir. Görüleceği gibi, $\vec{x} - t$ grafiğinin eğimi cismin hızına eşittir.




**Şekil 1.1.** Düzgün doğrusal harekette **a)** yerdeğiştirmenin zamana bağlı değişimi, **b)** hızın zamana bağlı değişimi.

**DENEYİN YAPILIŞI**

**1.** Deney düzeneği Şekil 1.2'de görüldüğü gibidir.




**Şekil 1.2.** Düzgün doğrusal hareket için hava rayı deney sistemi

**2.** Hava rayını, ayar vidalarını kullanarak yatay olarak hizalayınız. Rayın yataylığını iyi yapmışsanız, kızak ray üzerinde sabit hızla hareket edecektir.

**3.** Optik kapılar arasındaki mesafeyi **20 cm** olarak ayarlayınız.

**4.** Kızağı ray üzerinde hava pompasının olduğu uca yerleştiriniz.

**5.** Kızağı tekrar hava pompasının olduğu uca getiriniz. Kızağı üst kenarından tutunuz fırlatıcının lastiği ilk seferde olduğu gibi gererek kızağı bırakınız. Bu sayede kızağa bir ilk hız vermiş olursunuz.

**6.** Kronometreyi sıfırlayınız. Kronometreden ölçtüğünüz zaman değerini aşağıdaki Tablo 1.1'e kaydediniz. Her bir ölçümü üç kere tekrarlayınız.

**Tablo 1.1.** Alınan mesafeye göre konum – zaman değerleri tablosu

| | $x_1 = 20\,cm$ | $x_2 = 30\,cm$ | $x_3 = 40\,cm$ | $x_4 = 50\,cm$ | $x_5 = 60\,cm$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $t_1\ (ms)$ | | | | | |
| $t_2\ (ms)$ | | | | | |
| $t_3\ (ms)$ | | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $Toplam = t_1 + t_2 + t_3$ | | | | | |
| $t_{ort} = \frac{Toplam}{3}$ | | | | | |

**7.** Her bir mesafe için ölçümleri tekrarlayınız.

**8.** Bütün mesafeler için ortalama süreyi hesaplayarak Tablo 1.1'e kaydediniz.

**9.** Hesaplanan ortalama zamanları kullanarak $\vec{x} - t_{ort}$ grafiğini çiziniz.

a) Grafik doğrusal çıkıyor mu? Sonucunuzu yorumlayınız.

b) Çizdiğiniz grafikten yararlanarak kızağın hızını hesaplayınız.

**10.** Bu deney, hava rayı yerine hava masası kullanılarak yapılabilir miydi? Deneyin yorum kısmında açıklayınız.

**DENEYİN YORUMU:**

*(Deneyi teori, amaç ve elde ettiğiniz sonuçlar arasında ilişki kurarak yorumlayınız.)*

**KAYNAKLAR:**

*(Kullandığınız kaynakları yazınız.)*

**1.** …

**2.** …

**EKLER:**

*(Varsa iz ve grafik kâğıtları eklenmelidir.)*

**Ek1-**...

**Ek2-**…

# DENEY-2: SABİT İVMELİ HAREKET

**DENEYİN AMACI:** Sabit ivmeli harekette yer değiştirmenin zamanla nasıl değiştiğini incelemek.

**ÖN HAZIRLIK SORULARI:**

1. Korunumlu ve korunumsuz kuvvet ne demektir? Örneklerle açıklayınız.

2. Sürtünme kuvvetinin günlük hayatta avantaj ve dezavantajları nelerdir?

**TEORİK BİLGİ:**

Cisim üzerine sabit bir dış kuvvet uygulanıyorsa, cisim sabit ivmeli hareket yapar. Newton'un II. Hareket kanunundan, bu ivme cismin kütlesi ile ters, uygulanan kuvvet ile doğru orantılıdır:

$$\vec{F} = m\vec{a} = m\frac{d\vec{v}}{dt} = m\frac{d^2\vec{x}}{dt^2} \tag{2.1}$$

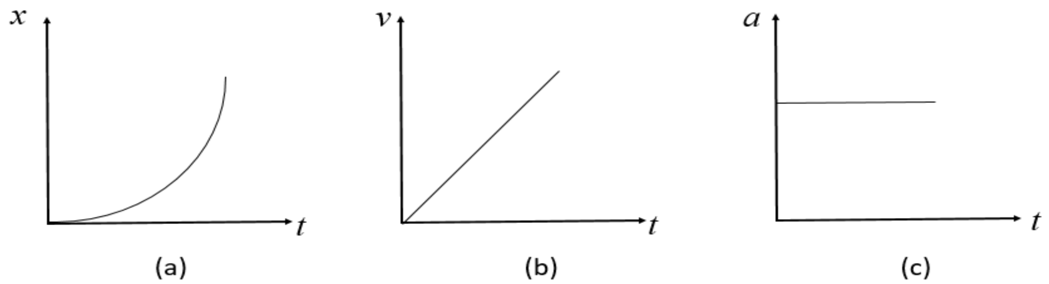
Hızı eşit zaman aralıklarında eşit miktarda artar. Durgun halden ve sıfır noktasından harekete başlayan bir cisim için, yerdeğiştirme $(\vec{x})$, ivme $(\vec{a})$ ve zaman $(t)$ arasında

$$\vec{x} = \frac{1}{2}\vec{a}t^2 \tag{2.2}$$

ilişkisi vardır. Diğer taraftan, hız $(\vec{v})$, ivme $(\vec{a})$ ve zaman $(t)$ arasında

$$\vec{v} = \frac{d\vec{x}}{dt} = \vec{a}t \tag{2.3}$$

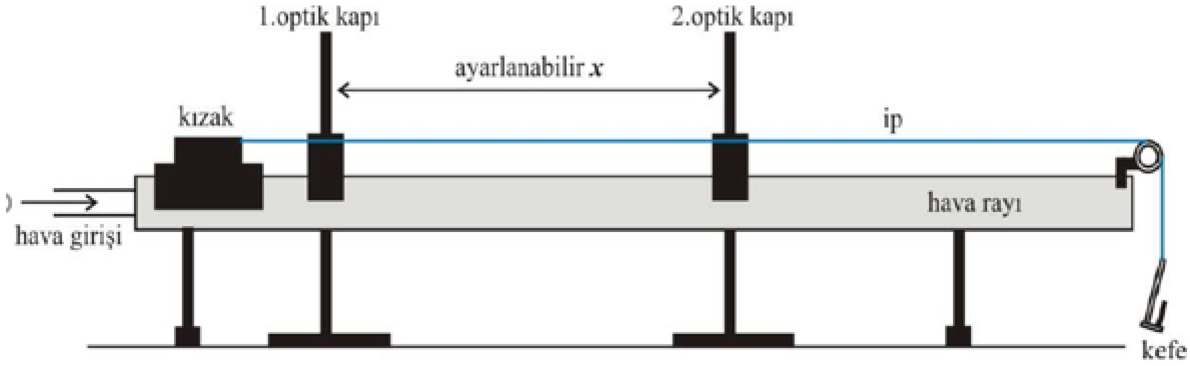
ilişkisi vardır. Cismin yerdeğiştirmesinde oluşan değişim hızı, hızda oluşan değişim de ivmeyi oluşturur. Cismin hızında bir değişim yoksa ivmeden, yerdeğiştirmesinde bir değişim yoksa da hızdan bahsetmek anlamsızdır. Sabit ivmeli hareket yapan bir cisim için $\vec{x} - t$ grafiği, $\vec{v} - t$ grafiği ve $\vec{a} - t$ grafiği Şekil 2.1(a), Şekil 2.1(b) ve Şekil 2.1(c)'de gösterilmiştir. Görüleceği gibi, $\vec{v} - t$ grafiğinin eğimi cismin ivmesine eşittir.




**Şekil 2.1.** Sabit ivmeli harekette **a)** yer değiştirmenin, **b)** hızın, **c)** ivmenin zamana bağlı değişimi

**DENEYİN YAPILIŞI:**

Deney düzeneği Şekil 2.2'deki gibidir.




**Şekil 2.2.** Sabit ivmeli hareket için hava rayı deney sistemi

**A. Yer değiştirme-zaman ilişkisi**

**1.** Hava rayını, ayar vidalarını kullanarak yatay olarak hizalayınız. Rayın yataylığını iyi yapmışsanız, kızak ray üzerinde sabit hızla hareket edecektir.

**2.** Optik kapılar arasındaki mesafeyi **20 cm** olarak ayarlayınız.

**3.** Kızağı ray üzerinde hava pompasının olduğu uca yerleştiriniz.

**4.** Ucuna kefe bağlı olan ipi makaradan geçiriniz.

**5.** Kızağı üst kenarından tutarak kefeye **40 g** kütle takınız ve ipin gergin olmasını sağlayınız.

**6.** Kronometreyi sıfırlayınız. Kızağı bırakınız ve kronometreden ölçtüğünüz zaman değerini Tablo 2.1'e kaydediniz.

**7.** Kızağı hava pompasından tarafa geri alınız ve her defasında kronometreyi ***RESET*** anahtarı yardımıyla sıfırlayarak 2 kez daha zaman ölçümü yapınız, değerlerinizi Tablo 2.1'e kaydediniz.

**Tablo 2.1.** Alınan mesafeye göre konum – zaman değerleri tablosu

| | $x_1 = 20\,cm$ | $x_2 = 30\,cm$ | $x_3 = 40\,cm$ | $x_4 = 50\,cm$ | $x_5 = 60\,cm$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $t_1\ (ms)$ | | | | | |
| $t_2\ (ms)$ | | | | | |
| $t_3\ (ms)$ | | | | | |
| $Toplam = t_1 + t_2 + t_3$ | | | | | |
| $t_{ort} = \frac{Toplam}{3}$ | | | | | |
| $t_{ort}^2$ | | | | | |

**8.** Her bir mesafe için ölçümleri tekrarlayınız ve kronometreden ölçtüğünüz zaman değerlerini tabloya kaydediniz.

**9.** Bütün mesafeler için ortalama zamanı ve karesini hesaplayarak Tablo 2.1'ye kaydediniz.

**10.** $\vec{x} - t_{ort}$ grafiğini çiziniz. Cismin ne tür bir hareket yaptığını tespit ediniz ve yorumlayınız.

**11.** $\vec{x} - t_{ort}^2$ grafiğini çiziniz.

a) Grafik bir doğrusal çıkıyor mu?

b) Grafiğin eğimini alarak kızağın ivmesini hesaplayınız.

**B. Kuvvet-ivme ilişkisi**

**1.** Optik kapılar arasındaki mesafeyi **50 cm** olarak ayarlayınız.

**2.** Kefeye Tablo 2.2'te verilen kütleleri takarak, kronometre yardımıyla zamanları ölçünüz ve tabloya kaydediniz.

**3.** Toplam ve ortalama zamanları hesaplayınız.

$$\vec{F} = m_{kefe}\vec{g} = m_{kızak}\vec{a} \qquad (2.4)$$

$$\vec{a} = \left(\frac{m_{kefe}}{m_{kızak}}\right)\vec{g} \qquad (2.5)$$

**4.** Denklem 2.4 ve Denklem 2.5'den faydalanarak cismin ivmesini hesaplayınız ve Tablo 2.2'ye kaydediniz. $\boldsymbol{m_{kefe}}$, taktığınız kütle ile tutucunun kütlesinin toplamına eşittir, tutucu **5 g** dır.

**Tablo 2.2.** Kütle değişimine göre hesaplanacak değerlerin tablosu

| | ***m₁ = 20 g*** | ***m₂ = 30 g*** | ***m₃ = 40 g*** | ***m₄ = 50 g*** | ***m₅ = 60 g*** |
|---|---|---|---|---|---|
| $\boldsymbol{t_1}$ ***(ms)*** | | | | | |
| $\boldsymbol{t_2}$ ***(ms)*** | | | | | |
| $\boldsymbol{t_3}$ ***(ms)*** | | | | | |
| ***Toplam*** **=** $\boldsymbol{t_1 + t_2 + t_3}$ | | | | | |
| $t_{ort}$ **=*Toplam/3*** | | | | | |
| $t_{ort}^2$ | | | | | |
| ***İvme,*** $\vec{a}$ | | | | | |
| $\vec{x} = \frac{1}{2}\vec{a}t^2$ | | | | | |

**5.** Kefeye taktığınız kütleler arttıkça kızağın ivmesi nasıl değişiyor, açıklayınız.

**6.** Kefeye taktığınız kütleler arttıkça kızağın ***x*** yolunu kat etme süresi nasıl değişiyor, açıklayınız.

**7.** İvme ve ölçtüğünüz süreleri kullanarak hesapladığınız ***x*** değerleri **50 cm** değerini sağlıyor mu? Hatalarınızın nerelerden kaynaklanabileceğini ifade ediniz.

**8.** Bu deney, hava rayı yerine hava masası kullanılarak yapılabilir miydi? Deneyin yorum kısmında açıklayınız.

**DENEYİN YORUMU:**

*(Deneyi teori, amaç ve elde ettiğiniz sonuçlar arasında ilişki kurarak yorumlayınız.)*

**KAYNAKLAR:**

*(Kullandığınız kaynakları yazınız.)*

**1.** …

**2.** …

**EKLER:**

*(Varsa iz ve grafik kâğıtları eklenmelidir.)*

**Ek1-**...

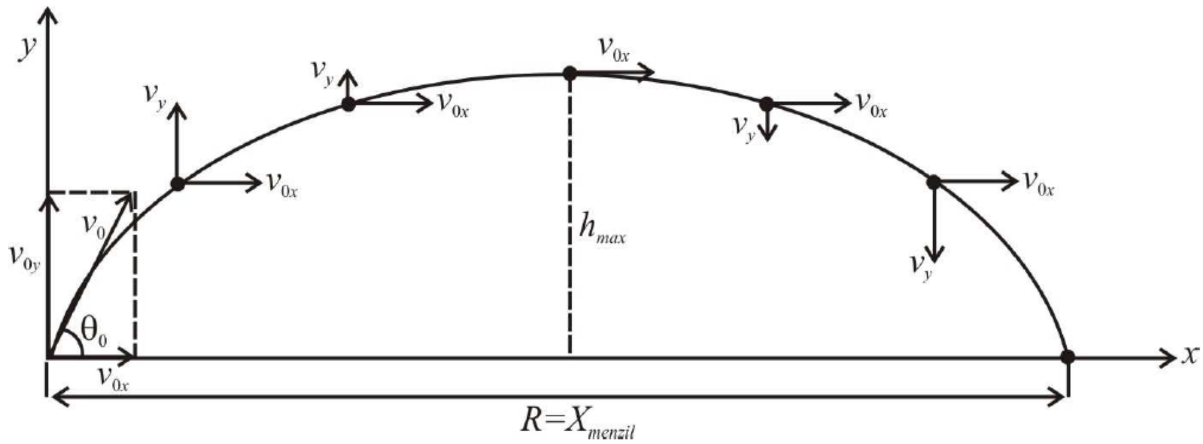
**Ek2-**…

## DENEY-3: EĞİK ATIŞ

**DENEYİN AMACI:** Eğik atış hareketinin incelenmesi.

**TEORİK BİLGİ:**

Eğik atış hareketi iki-boyutta hareket için en iyi örneklerden biridir. Cisim x-ekseninde sabit hızlı hareket yaparken, y-ekseninde sabit ivmeli hareket yapar. Cisim $t = 0$ anında $\theta$ açısıyla, $v_i$ ilk hızıyla atıldığında parabolik bir yörüngenin üzerinde Şekil 3.1'deki gibi hareket eder. Bu harekete eğik atış denildiği gibi parabolik hareket de denir.




**Şekil 3.1.** Noktasal parçacığın yerçekimi kuvveti etkisindeki iki boyutlu hareketi.

Cismin ilk hızı bileşenlerine aşağıdaki gibi ayrılabilir:

$$v_{ix} = v_i cos\theta_i \tag{3.1}$$

$$v_{iy} = v_i sin\theta_i \tag{3.2}$$

$x$-ekseninde cismin hızı zamanla sabit kalırken, $y$-ekseninde yer çekiminin etkisiyle zamanla değişir. Cisim tepe noktasına kadar yer çekiminin etkisiyle yavaşlar ve hızın $y$-bileşeni sıfır olur, daha sonra $v_y$ tekrar artmaya başlar.

Cismin çıkabileceği maksimum yükseklik,

$$h_{max} = \frac{(v_{iy})^2}{2g} = \frac{(v_i sin\theta_i)^2}{2g} \tag{3.3}$$

ile belirlenebilir. Cismin tepe noktasına çıkış süresi $t_{çıkış}$ ile atıldığı seviyeye iniş süresi $t_{iniş}$ aynıdır ve ikisinin toplamı cismin uçuş süresini $t_{uçuş}$ verir:

$$t_{çıkış} = t_{iniş} = \frac{v_{iy}}{g} = \frac{v_i sin\theta_i}{g} \tag{3.4}$$

$$t_{uçuş} = 2t_{çıkış} = \frac{2v_i sin\theta_i}{g} \tag{3.5}$$

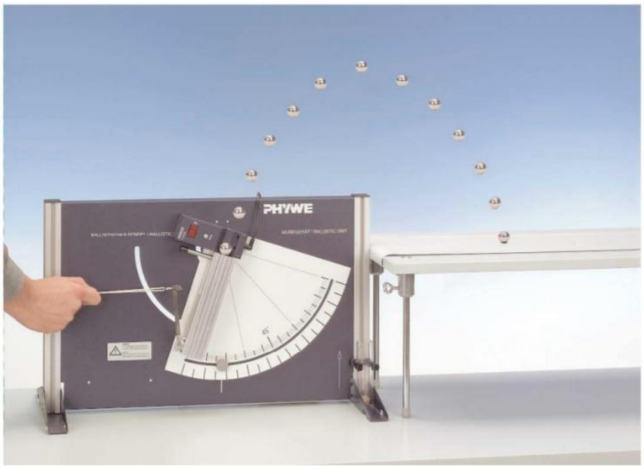
$$R = \frac{{v_i}^2 sin(2\theta_i)}{g} \tag{3.6}$$

**DENEYİN YAPILIŞI:**

Bu deneyde eğik atış hareketinin menzili, maksimum yüksekliği, eğim açısı ve atış hızı arasındaki ilişkiler belirlenecektir. Bunun için, farklı özelliğe sahip bilyeler farklı hız ve açılarla iki boyutta hareket ettirilerek menzil, eğim açısı ve ilk hız ölçülecektir.

1. Şalteri açıp fişi prize takınız.

2. Deney düzeneği Şekil 3.2 de görüldüğü gibidir.




**Şekil 3.2.** Deney düzeneği. Eğik atış deneyinde menzilin ölçülmesi.

3. Hareketi aynı düzlemde incelemek için, bir masa kullanılacaktır ve bu masayı bilyenin hareketinin x bileşeni yönü boyunca yerleştiriniz. Bilyenin düşeceği masa ile bilyenin çıkış noktası aynı yükseklikte olmalıdır.

4. Masanın üzerine karbon kağıdını iki uçtan bantlayarak sabitleyiniz.

5. Atış ünitesini 15°'ye ayarlayınız.

6. Fırlatıcı 3 farklı hız kademesine sahiptir. Bilyeyi fırlatma haznesi içindeki mıknatısın ortasına yerleştiriniz. Hız kademesini birinci seviyeye çekiniz.

7. Hız sensörünü, reset tuşuna basarak sıfırlayınız. Pimi çekerek topu fırlatınız.

8. Bilye, masa üzerindeki iz kağıdına düşmelidir. Masanın konumunu atış açısına göre ayarlayınız. Düştüğü noktayı işaretleyerek hangi açıda kaçıncı kademede olduğunu karbon kâğıt üzerine işaretleyiniz ve cetvel yardımıyla ölçünüz.

9. Hız sensöründe okuduğunuz değer bilyenin ilk hızıdır. Sensörde okuduğunuz $v_i$ değerini ve kâğıttan ölçtüğünüz menzil değerini Tablo 3.1'de yerine yazınız.

10. Tablo 3.1'e kaydettiğiniz değerleri kullanarak, cismin çıkabileceği maksimum yükseklikleri ($h$) her bir açı değeri için hesaplayıp tabloya kaydediniz.

11. 6-9 arasındaki bütün adımları diğer iki hız kademesi için tekrarlayınız.

**Tablo 3.1.** Çelik bilye kullanılarak farklı açılara göre ölçülen hız ve menzil değerleri

| **Kademeye göre** | $15^o$ | $30^o$ | $45^o$ | $60^o$ | $75^o$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $v_1 (m/s)$ | | | | | |
| $v_2 (m/s)$ | | | | | |
| $v_3 (m/s)$ | | | | | |
| $R_1\ (m)$ | | | | | |
| $R_2\ (m)$ | | | | | |
| $R_3\ (m)$ | | | | | |
| $h_1$ | | | | | |
| $h_2$ | | | | | |
| $h_3$ | | | | | |

**12.** Eğik atış hareketi için açı – menzil ilişkisini yorumlayınız.

…………………………………………………………………………………………………………

……......................................................................................................................................................

**13.** Menzilin en büyük değeri aldığı açı değeri nedir?

$$\theta = \cdots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots \ldots ....$$

**14.** Tablo 3.1'de yer alan değerleri için $R - \theta$ grafiğini çiziniz.

**15.** Tablo 3.1'de yer alan değerleri için $h_{max}$ - $\theta$ grafiğini çiziniz.

**16.** Tahta bilye kullanınız ve 30° için deneyi tekrarlayınız. Verilerinizi Tablo 3.2'ye kaydediniz.

**Tablo 3.2**. Tahta bilye kullanılarak $30^o$ de alınan hız ve menzil değerleri.

| | **Birinci Kademe** | **İkinci Kademe** | **Üçüncü Kademe** |
|---|---|---|---|
| $v\ (m/s)$ | | | |
| $R\ (m)$ | | | |

**17.** Çelik ve tahta bilye kullanılarak elde ettiğiniz verileri kıyaslayınız.

**18.** Birinci seviye için menzildeki hata yüzdesini hesaplayınız ve Tablo 3.3'e kaydediniz.

**Tablo 3.3.** Birinci seviye için hesaplanan ve ölçülen değerler.

| **Ölçüm** | $15^o$ | $30^o$ | $45^o$ | $60^o$ | $75^o$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $R\ (m)$ **(ölçülen)** | | | | | |
| $R\ (m)$ **(hesaplanan)** | | | | | |
| **R'nin hatası** | | | | | |

**DENEYİN YORUMU:**

*(Deneyi teori, amaç ve elde ettiğiniz sonuçlar arasında ilişki kurarak yorumlayınız.)*

**KAYNAKLAR:**

*(Kullandığınız kaynakları yazınız.)*

**1.** …

**2.** …

**EKLER:**

*(Varsa iz ve grafik kâğıtları eklenmelidir.)*

**Ek1-**...

**Ek2-**…

# DENEY-4: MEKANİK ENERJİNİN KORUNUMU

## DENEYİN AMACI:

Mekanik enerjinin korunumunu incelemek.

## ÖN HAZIRLIK SORULARI:

**1**. Mekanik enerjinin korunumunu açıklayınız.

**2.** Korunumlu ve korunumsuz kuvvet kavramlarını açıklayarak, birer örnek veriniz.

## TEORİK BİLGİ:

Herhangi bir fiziksel sistemde sürtünme kuvveti gibi korunumsuz kuvvetler yoksa yani mevcut bütün kuvvetler korunumlu ise sistemin mekanik enerjisi korunur. Mekanik enerji potansiyel enerji ve kinetik enerjinin toplamı olarak tanımlanır.

$$E = U + K \tag{4.1}$$

Hareketin herhangi bir anındaki kinetik enerji ve potansiyel enerji toplamı sabit kalır. Hareket süresince kinetik enerji potansiyel enerjiye veya potansiyel enerji kinetik enerjiye dönüşebilir.

$$\Delta E = E_s - E_i = 0 \rightarrow E_i = E_s \tag{4.2}$$

Potansiyel enerji bir cismin konumu dolayısıyla sahip olduğu enerjidir. Örneğin cisim yerden $h$ kadar yüksekliğe çıkarılırsa potansiyel enerji kazanır, kazandığı bu enerji

$$U = mgh \tag{4.3}$$

ifadesi ile verilir.

Kinetik enerji, bir cismin hareketinden kaynaklanan enerjidir. Yani cisim bir hıza sahipse kinetik enerjiye de sahiptir. Kinetik enerji ifadesi

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \tag{4.4}$$

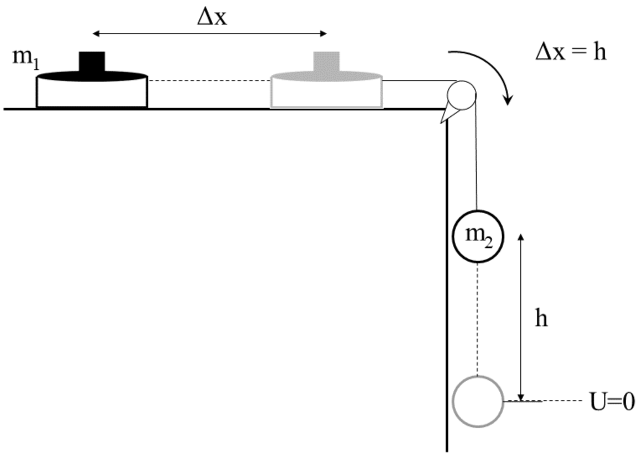
şeklindedir. Burada $m$ cismin kütlesi ve $v$ cismin hızıdır.

## DENEYİN YAPILIŞI:

**1.** Hava masasını yatay konuma getiriniz.

**2.** Hava masası üzerine iz kâğıdını yerleştiriniz.

**3.** Disklerden birini masanın kenarına yerleştiriniz. Bir ucunda halka takılı 70-80 cm uzunluğundaki ipin diğer ucunda bir kütle bağlıdır. İpin ucundaki halkayı diske geçiriniz (Şekil 4.1).




**Şekil 4.1.** Disk ve diske bağlı kütlenin şematik gösterimi.

**4.** İpi makaradan geçirerek kütleyi aşağı doğru sarkıtınız.

**5.** İpin bağlı olduğu diski ark kronometresine yakın tarafta tutunuz.

**UYARI! Deney sırasında, ark pedalına bastıktan sonra masanın ve disklerin metal kısımlarına dokunulmaması, diskin plastik kısmından tutulması elektrik akımına maruz kalmanızı engelleyecektir.**

**6.** Daha sonra ark pedalına basarak ölçümler alınız. İz kâğıdınızı deney sorumlusuna kontrol ettiriniz.

**7.** Ark kronometresinin frekans (*f*) değerini kaydediniz. İz kağıdı üzerinde iki ardışık nokta arasındaki zaman (*A*)

*f*=…

A=1/*f* =.....

şeklinde bulunur.

**8.** Elde ettiğiniz izleri kullanarak aşağıdaki Tablo 4.1'i doldurunuz.

**Tablo 4.1.** Konum – zaman değerleri tablosu

| ***x* (…)** | ***t* (...)** | ***t*² (…)** |
|---|---|---|
| $x_1$= | $t_1$ =1×A= | $t_1^2 =$ |
| $x_2$= | $t_2$ =2×A= | $t_2^2 =$ |
| $x_3$= | $t_3$ =3×A= | $t_3^2 =$ |
| $x_4$= | $t_4$ =4×A= | $t_4^2 =$ |
| $x_5$= | $t_5$ =5×A= | $t_5^2 =$ |
| $x_6$= | $t_6$ =6×A= | $t_6^2 =$ |
| $x_7$= | $t_7$ =7×A= | $t_7^2 =$ |
| $x_8$= | $t_8$ =8×A= | $t_8^2 =$ |
| $x_9$= | $t_9$ =9×A= | $t_9^2 =$ |
| $x_{10}$= | $t_{10}$ =10×A= | $t_{10}^2 =$ |

**9.** Tablodan yararlanarak, $x$-$t^2$ grafiğini çiziniz. Grafiğin eğimini alarak diskin ivmesini $eğim = a/2$ ifadesinden hesaplayınız.

$a_{disk} = \cdots$

**10.** Diskin ivmesini bulduktan sonra zamansız hız formülü

$v_s^2 - v_i^2 = 2a(x_s - x_i) = \cdots$

yardımıyla diskin iz bitimindeki hızını ($v_s$) bulunuz. Burada $x_i$ izlerin başladığı noktayı, $x_s$ ise bittiği noktanın konumunu ifade eder. Diskin durgun halden başladığını varsayarsak $v_i = 0$ ve $x_i = 0$ olarak alınabilir. O halde $x_s - x_i$ niceliği ilk ve son iz arasındaki uzaklık olacaktır.

$v_s = \cdots$

$\Delta x = (x_s - x_i) = \cdots$

**11.** Disk ($m_{disk} = m_1$) ve diske bağlı kütle ($m_{kütle} = m_2$) Şekil 1'de gösterilmiştir. Burada, diskin hava masası üzerinde aldığı yolun, diske bağlı kütlenin yüksekliğindeki azalma miktarına eşit olduğuna dikkat ediniz.

$m_1 = m_{disk} = \cdots$

$m_2 = m_{kütle} = \cdots$

**12.** Mekanik enerjinin sabit kalması gerektiğinden diskin kazandığı kinetik enerjinin, diske bağlı kütlenin kaybettiği potansiyel enerjiye eşit olması gerekmektedir. Elde ettiğiniz verileri kullanarak $E_i = E_s$ oluyor mu, hesaplayınız? Eşit olmuyor ise sebebi ne olabilir?

$m_2 gh \stackrel{?}{=} \frac{1}{2} m_1 v_s^2 + \frac{1}{2} m_2 v_s^2 \rightarrow \cdots$

**13.** Sistemde sürtünme varsa sürtünme katsayısını (µ) aşağıdaki şekilde bulunur:

Newton'un İkinci Yasası $m_1$ kütlesi için uygulanırsa:

$$\sum F_y = m_1 a_y \rightarrow N - m_1 g = 0 \rightarrow N = m_1 g \tag{4.5}$$

elde edilir.

$$E_s - E_i = -f_s \Delta x \tag{4.6}$$

$$\left[\frac{1}{2} m_1 v_s^2 + \frac{1}{2} m_2 v_s^2\right] - m_2 gh = -\mu N \Delta x \tag{4.7}$$

$$\frac{1}{2}(m_1 + m_2) v_s^2 - m_2 gh = -\mu m_1 g \Delta x \tag{4.8}$$

$$\mu = \frac{m_2 gh - \frac{1}{2}(m_1 + m_2) v_s^2}{m_1 g \Delta x} \tag{4.9}$$

Bu eşitliği kullanarak sürtünme katsayısını bulunuz.

$\mu = \cdots$

**DENEYİN YORUMU:**

*(Deneyi teori, amaç ve elde ettiğiniz sonuçlar arasında ilişki kurarak yorumlayınız.)*

**KAYNAKLAR:**

*(Kullandığınız kaynakları yazınız.)*

**1.** …

**2.** …

**EKLER:**

*(Varsa iz ve grafik kâğıtları eklenmelidir.)*

**Ek1-**...

**Ek2-**…

# DENEY-5: DAİRESEL HAREKET

## DENEYİN AMACI:

Dairesel hareket, teğetsel ivme ve açısal ivme hakkında bilgi sahibi olmak.

## ÖN HAZIRLIK SORULARI:

**1.** Düzgün dairesel hareket nedir?

**2.** Sabit açısal ivmeli dairesel hareket nedir?

## TEORİK BİLGİ:

Sabit bir eksen etrafındaki en basit dönme hareketi, ivmesiz veya sabit açısal ivmeli dönme hareketidir. Burada, ivmesiz dönme hareketi yani düzgün dairesel hareket, düzgün doğrusal harekete; sabit açısal ivmeli hareket ise, sabit ivmeli doğrusal harekete benzetilerek incelenebilir. Ancak bazı değişiklikler yapılmalıdır: çizgisel hız yerine açısal hız ($\omega$), çizgisel yerdeğiştirme yerine açısal yerdeğiştirme ($\theta$), çizgisel ivme yerine de açısal ivme ($\alpha$) kullanılır.

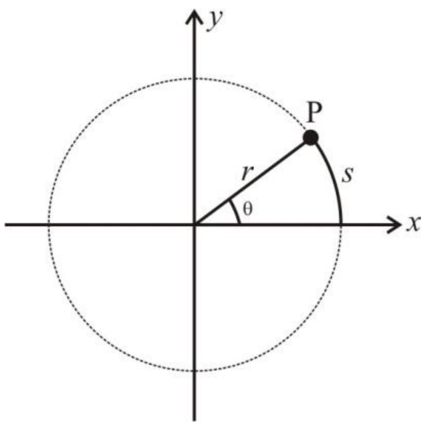
**Tablo 5.1.** Doğrusal (öteleme) ve dönme hareketinde kullanılan eşitlikler tablosu

| **Öteleme Hareketi** | **Sabit Bir Eksen Etrafında Dönme Hareketi** |
|---|---|
| $v_s = v_i + at$ | $\omega_s = \omega_i + \alpha t$ |
| $x_s - x_i = v_i t + \frac{1}{2}at^2$ | $\theta_s - \theta_i = \omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2$ |
| $v_s^2 = v_i^2 + 2a(x_s - x_i)$ | $\omega_s^2 = \omega_i^2 + 2\alpha(\theta_s - \theta_i)$ |

Dairesel bir yörüngede dönme hareketi yapan bir cisim için $s$ yay uzunluğunu göstermek üzere,

$$s = r\theta \tag{5.1}$$

yazılabilir (Şekil 5.1).




**Şekil 5.1.** Yay uzunluğu

Yarıçapın sabit olduğu, hızın yer değiştirmenin 1. türevi olduğu hatırlanırsa, teğetsel hız ($v_t$) ile açısal hız arasında,

$$\frac{ds}{dt} = r\frac{d\theta}{dt} \rightarrow v_t = r\omega \tag{5.2}$$

ilişkisi vardır. İvmenin de hızın 1.türevi olduğu hatırlanırsa, bu bağıntı yardımıyla teğetsel ivme ve açısal ivme arasında bir ilişki kurulabilir:

$$\frac{dv_t}{dt} = r\frac{d\omega}{dt} \rightarrow a_t = r\alpha \tag{5.3}$$

Tablo 5.1'den görülebileceği gibi, sabit açısal ivmeli dönme hareketi yapan bir cismin açısal hızı,

$$\omega_s = \omega_i + \alpha t \tag{5.4}$$

dir ve açısal yerdeğiştirmesi

$$\theta_s = \theta_i + \omega_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2 \tag{5.5}$$

şeklindedir.

Dairesel harekette dönüş doğrultusunda bir kuvvet yoksa eşitlikler,

$$\omega_s = \omega_i \tag{5.6}$$

$$\alpha = 0 \tag{5.7}$$

$$\theta_s = \theta_i + \omega_i t \tag{5.8}$$

şeklinde düzenlenir.

Ayrıca, $r$ yarıçaplı bir yörüngede, $v$ süratiyle dairesel hareket yapan bir cismin, hızının büyüklüğünde değişim olmamasına rağmen hız vektörünün doğrultusunda değişim gözlenmektedir. Bu değişimden kaynaklı, cisim, dairenin merkezine yönelmiş, hız vektörüne dik, merkezcil (radyal) ivmeye sahiptir. Bu merkezcil ivmenin büyüklüğü şöyledir:

$$a_r = \frac{v^2}{r} = r\omega^2 \tag{5.9}$$

**DENEYİN YAPILIŞI:**

Deney iki kısımdan oluşmaktadır.

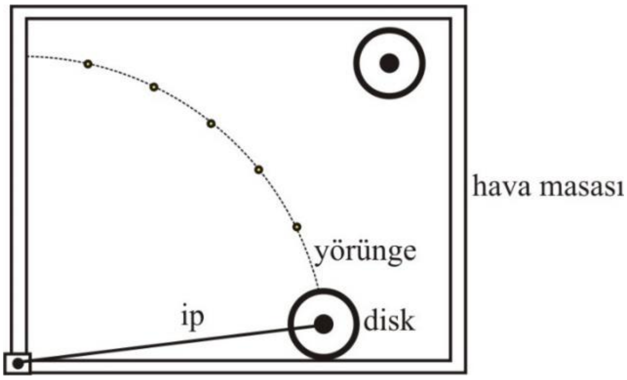
**A. Düzgün Dairesel Hareket (İvmesiz, $a_t = 0$)**

**1.** Hava masasını yatay konuma getiriniz (eğimli olmamasına dikkat ediniz).

**2.** Hava masası üzerine iz kağıdını yerleştiriniz.

**3.** Disklerden birini masanın sağ alt köşesine yerleştiriniz ve deney süresince orada kalmasını sağlayınız.

**4.** Diğer diski alınız ve masanın üstüne yerleştiriniz. Bir ip yardımıyla diski hava masasının kenarına tutturunuz (Şekil 5.2).

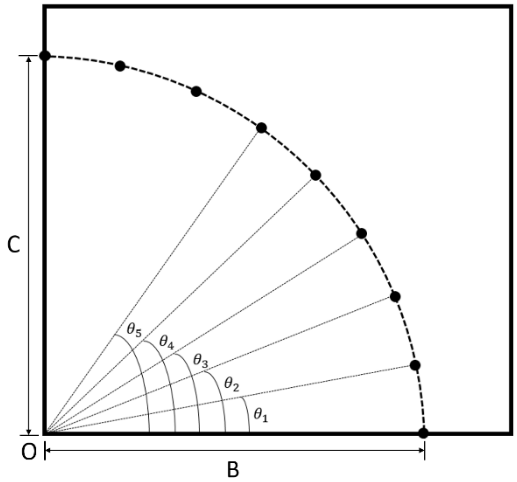



**Şekil 5.2**. Dairesel hareket için hava masasının durumu

**5.** Diski dairesel hareket yapacak şekilde atınız, bu işlemi bir kaç kez tekrarlayarak elinizi alıştırınız, hareket süresince ipin gergin kalmasına dikkat ediniz.

**UYARI! Deney sırasında, ark pedalına bastıktan sonra masanın ve disklerin metal kısımlarına dokunulmaması, diskin plastik kısmından tutulması elektrik akımına maruz kalmanızı engelleyecektir.**

**6.** Daha sonra ark pedalına basarak ölçüm alınız ve Şekil 5.3'deki gibi bir iz deseni elde ettiyseniz, iz kâğıdınızı deney sorumlusuna kontrol ettiriniz.




**Şekil 5.3**. İz kağıdı

**7.** Şekil 5.3'deki gibi *O*, $B$ ve $C$'i iz kağıdında işaretleyiniz. $B$ ve $C$ uzunluklarını ölçünüz. $B = C$ ise disk dairesel hareket yapmıştır, her iki uzunluk eşit değilse tekrar ölçüm alınız.

$B = \cdots$

$C = \cdots$

**8.** Ark kronometresinin frekans (*f*) değerini kaydediniz. İz kağıdı üzerinde iki ardışık nokta arasındaki zaman ($A$)

*f*=...

$A = 1/f = \cdots$

**9.** Her bir nokta için açısal yerdeğiştirmeleri (*θ*) ölçünüz ve geçen zamanı (*t*) hesaplayınız, tabloya kaydediniz (1 radyan=57.296°).

**Tablo 5.2.** Düzgün dairesel hareket için açı-zaman ölçümleri tablosu

| **θ (°)** | **θ (radyan)** | ***t* (… )** |
|---|---|---|
| $\theta_1$= | | $t_1$=1×$A$ = |
| $\theta_2$= | | $t_2$=2× $A$ = |
| $\theta_3$= | | $t_3$=3× $A$ = |
| $\theta_4$= | | $t_4$=4× $A$ = |
| $\theta_5$= | | $t_5$=5× $A$ = |
| $\theta_6$= | | $t_6$=6× $A$= |
| $\theta_7$= | | $t_7$=7× $A$ |
| $\theta_8$= | | $t_8$=8× $A$ = |

**10.** Tablodan yararlanarak, $\theta(radyan) - t$ grafiğini çiziniz.

a) Nasıl bir eğri elde ediyorsunuz? Sonucunuzu yorumlayınız.

b) Grafiğin eğimini alarak, diskin açısal hızını ($\omega$) hesaplayınız.

$Açısal\ hız = \omega = \cdots$

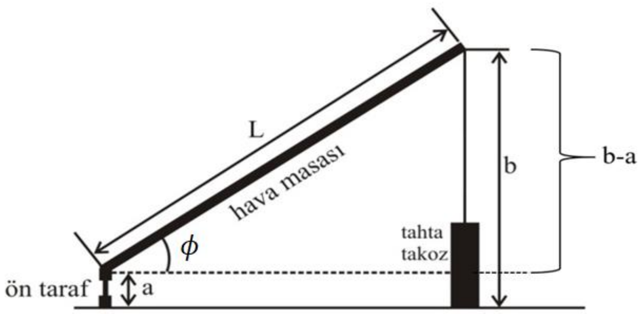
**11.** Diskin merkezcil ivmesini hesaplayınız.

$a_r = r\omega^2 = \cdots$

**B. Sabit Açısal İvmeli Dairesel Hareket**

**1.** Hava masasının arka ayağına bir yükseltici blok yerleştirerek yatay durumdan Şekil 5.4'teki gibi bir $\phi$ eğim açısı yapacak konuma getiriniz. Bu $\phi$ açısını belirlemek için Şekil 5.4'teki a ve b mesafelerini ölçünüz. $sin\phi\ = \frac{b-a}{L}$ ifadesi yardımıyla $\phi$ eğim açısını belirleyiniz.

$sin\phi\ = \frac{b-a}{L} \rightarrow \phi\ = arcsin\left(\frac{b-a}{L}\right) \rightarrow \phi\ = \ldots$

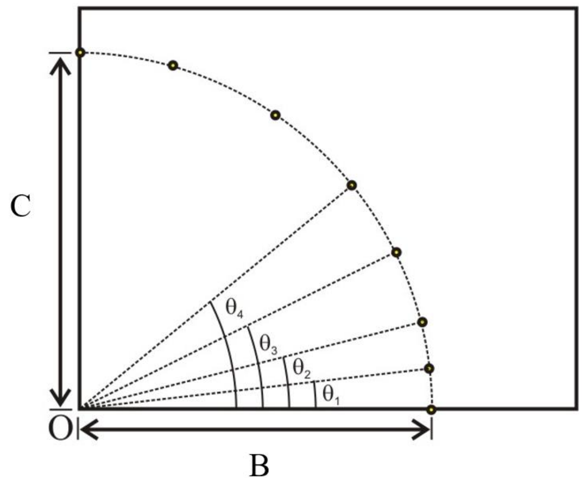



**Şekil 5.4**. Hava masasının eğim açısının belirlenmesi

**2.** Hava masası üzerine yeni bir iz kâğıdını yerleştiriniz.

**3.** Diski dairesel hareket yapacak şekilde atınız, bu işlemi bir kaç kez tekrarlayarak elinizi alıştırınız, hareket süresince ipin gergin kalmasına dikkat ediniz.

**4.** Daha sonra ark pedalına basarak ölçüm alınız ve Şekil 5.5'teki gibi bir iz deseni elde ettiyseniz, iz kâğıdınızı deney sorumlusuna kontrol ettiriniz.




**Şekil 5.5**. İz kağıdı

**5.** Şekil 5.5'teki gibi $O$, $B$ ve $C$'i iz kağıdında işaretleyiniz. $B$ ve $C$ uzunluklarını ölçünüz. $B = C$ ise disk dairesel hareket yapmıştır, her iki uzunluk eşit değilse, tekrar ölçüm alınız.

$B = \cdots$

$C = \cdots$

**6.** Ark kronometresinin frekans ($f$) değerini kaydediniz. İz kağıdı üzerinde iki ardışık nokta arasındaki zaman ($A$)

$f$=…

$A = 1/f = \cdots$

**7.** Her bir nokta için açısal yerdeğiştirmeleri ($\theta$) ölçünüz ve geçen zamanı ($t$) hesaplayınız, tabloya kaydediniz (1 radyan=57.296°).

**Tablo 5.3.** Sabit açısal ivmeli dairesel hareket için açı-zaman ölçümleri tablosu

| **θ (°)** | **θ (radyan)** | ***t* (… )** | ***t*$^2$(… )** |
|---|---|---|---|
| $\theta_1$= | | $t_1$=1×$A$ = | |
| $\theta_2$= | | $t_2$=2× $A$ = | |
| $\theta_3$= | | $t_3$=3× $A$ = | |
| $\theta_4$= | | $t_4$=4× $A$ = | |
| $\theta_5$= | | $t_5$=5× $A$ = | |
| $\theta_6$= | | $t_6$=6× $A$= | |
| $\theta_7$= | | $t_7$=7× $A$ | |
| $\theta_8$= | | $t_8$=8× $A$ = | |

**8.** Tablodan yararlanarak, $\theta$*(radyan)*-$t^2$ grafiğini çiziniz.

a) Nasıl bir eğri elde ediyorsunuz? Sonucunuzu yorumlayınız.

b) Grafiğin eğimini alarak diskin açısal ivmesini ($\alpha$) hesaplayınız.

$$Açısal\ ivme = \alpha = 2 \times eğim = \ldots$$

**9.** Yukarıda ölçtüğünüz B ve C mesafeleri hareketin yarıçap değerini verir. Diskin teğetsel ivmesini hesaplayınız.

$a_t = \alpha \times B = \ldots$

**11.** Hava masasına verdiğiniz $\phi$ açısı yardımıyla, diskin teğetsel ivme değerini teorik olarak hesaplayınız.

$a_t = g \sin \phi = \ldots$

**12.** Teorik ve deneysel ivme değerini kıyaslayınız.

**DENEYİN YORUMU:**

*(Deneyi teori, amaç ve elde ettiğiniz sonuçlar arasında ilişki kurarak yorumlayınız.)*

**KAYNAKLAR:**

*(Kullandığınız kaynakları yazınız.)*

**1.** …

**2.** …

**EKLER:**

*(Varsa iz ve grafik kâğıtları eklenmelidir.)*

**Ek1-**...

**Ek2-**…

# DENEY-6: ESNEK ÇARPIŞMALAR

## DENEYİN AMACI:

Yalıtılmış bir sistemde, esnek çarpışmalarda doğrusal momentum korunumunu ve kinetik enerji korunumunu incelemek.

## ÖN HAZIRLIK SORULARI:

**1.** Esnek çarpışma nedir?

**2.** İki vektörün bileşkesi nasıl bulunur?

## TEORİK BİLGİ:

Herhangi bir dış kuvvetin etkisinde olmayan iki cismin çarpışmasında *momentum ve kinetik enerji korunuyorsa* çarpışmaya *esnek çarpışma* denir. $m_1$ ve $m_2$ kütleli iki cisim esnek çarpışma yapıyor olsun. İki kütlenin çarpışmadan önceki hızları $\vec{v}_1$ ve $\vec{v}_2$ ve çarpışmadan sonraki hızları da $\vec{u}_1$, $\vec{u}_2$ olsun. Momentumun korunumundan,

$$\vec{P}_{önce} = \vec{P}_{sonra} \tag{6.1}$$

$$\sum \vec{P}_i = \sum \vec{P}_s \rightarrow \underbrace{m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2}_{çarpışmadan\ önce} = \underbrace{m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2}_{çarpışmadan\ sonra} \tag{6.2}$$

yazarız. Kinetik enerjinin korunumundan,

$$\sum K_i = \sum K_s \rightarrow \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2 \tag{6.3}$$

yazarız. Aynı zamanda, iki cismin kütle merkezi de sabit $\vec{V}$ hızı ile hareket eder. Kütle merkezinin hızı,

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2 = (m_1 + m_2)\vec{V} \tag{6.4}$$

bağıntısından,

$$\vec{V} = (m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2)/(m_1 + m_2) = (m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2)/(m_1 + m_2) \tag{6.5}$$

olarak bulunur. İki cismin kütleleri eşit ise ($m_1 = m_2$ ise), momentumun korunumu, kinetik enerjinin korunumu ve kütle merkezinin hızı için yukarıda verilen eşitlikler,

$$\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = \vec{u}_1 + \vec{u}_2 \tag{6.6}$$

$$v_1^2 + v_2^2 = u_1^2 + u_2^2 \tag{6.7}$$

$$\vec{V} = (\vec{v}_1 + \vec{v}_2)/2 = (\vec{u}_1 + \vec{u}_2)/2 \qquad (6.8)$$

halini alır.

**DENEYİN YAPILIŞI:**

**1.** Hava masasını yatay hale getiriniz (eğimli olmamasına dikkat ediniz).

**2.** Hava masası üzerine iz kağıdını yerleştiriniz.

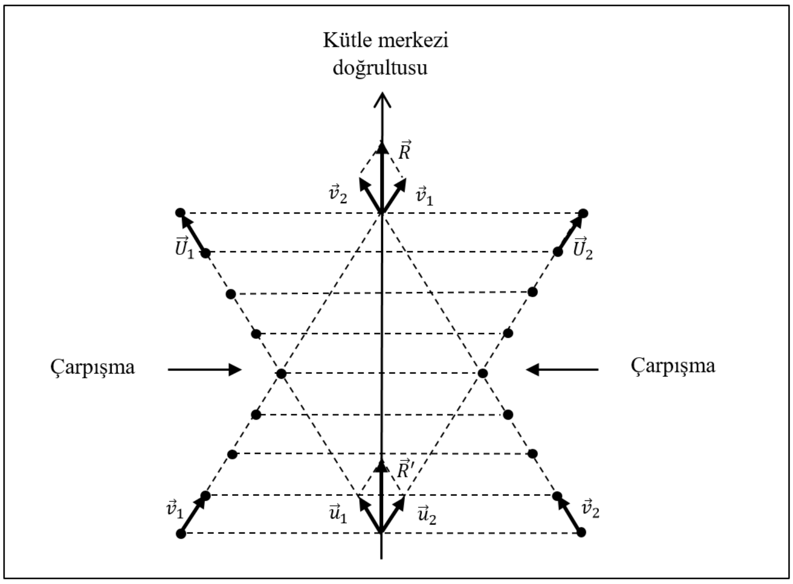
**3.** Disklerin birini sol alt, diğerini sağ alt köşeye yerleştiriniz**.**

**4.** Çarpışma hava masasının ortasında bir yerde gerçekleşecek şekilde diskleri hafifçe hızlandırıp bırakınız. Bu adımı düzgün çarpışmalar elde edene kadar tekrar ediniz.

**UYARI! Deney sırasında, ark pedalına bastıktan sonra masanın ve disklerin metal kısımlarına dokunulmaması, diskin plastik kısmından tutulması elektrik akımına maruz kalmanızı engelleyecektir.**

**5.** Elinizin alıştığına kanaat getirdikten sonra, ark kronometresini açınız ve ark pedalına basarak diskleri atınız.

**6.** İz kağıdını hava masasının üzerinden alınız. Şekil 6.1'deki gibi bir desen elde etmelisiniz. Devam etmeden önce, iz kağıdınızı deney sorumlusuna kontrol ettiriniz.




**Şekil 6.1.** Esnek çarpışma için, çarpışmadan önceki hız vektörlerinin toplamı

$\vec{R} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$, çarpışmadan sonraki hız vektörlerinin toplamı $\vec{R}' = \vec{u}_1 + \vec{u}_2$ dir.

**7.** Ark kronometresinin frekans (*f*) değerini kaydediniz. İz kağıdı üzerinde iki ardışık nokta arasındaki zaman ($A$)

*f*=…

A=1/$f$ =.....

şeklinde bulunur.

**8.** Her bir yörüngedeki hızları cetvelle ölçüp geçen zamana bölerek ($A$ değerine) çarpışmadan önceki ve sonraki hızları bulunuz.

$$v_1 = \frac{\ldots.}{A} =$$

$$v_2 = \frac{\ldots.}{A} =$$

$$u_1 = \frac{\ldots.}{A} =$$

$$u_2 = \frac{\ldots.}{A} =$$

**9.** Yörüngeleri, Şekil 1'de görüldüğü gibi uzantıları kesişecek şekilde uzatınız ve kesişim noktalarından başlayarak her bir hız vektörünü uzunlukları değişmeyecek şekilde doğrultuları boyunca taşıyınız. Hızları vektörel olarak toplayarak bileşkeleri $\vec{v}_1 + \vec{v}_2$ ve $\vec{u}_1 + \vec{u}_2$'yi bulunuz.

$$R = |\vec{v}_1 + \vec{v}_2\,| = \cdots$$

$$R' = |\vec{u}_1 + \vec{u}_2\,| = \cdots$$

$|\vec{v}_1 + \vec{v}_2\,| = |\vec{u}_1 + \vec{u}_2\,|$ eşitliği sağlanıyor mu? Sonucunuzu tartışınız.

**10.** İz kağıdında birbirine karşılık gelen noktaları Şekil 1'deki gibi yatay olarak birleştiriniz ve bu noktalar arası mesafelerin tam orta noktalarını belirleyiniz. Bu noktaları birleştirerek kütle merkezi doğrultusunu elde ediniz.

**11.** Çarpışmadan önceki ve sonraki bölgede ardışık iki çizgi arasındaki dikey mesafeyi ölçüp geçen zamana ($A$ değerine) bölerek, çarpışmadan önceki ve sonraki kütle merkezinin hızını bulunuz. Bulduğunuz değerler uyumlu mu, sonucunuzu tartışınız.

$$\vec{V}_{KM} = \cdots$$

$$\vec{V}'_{KM} = \cdots$$

**12.** Çarpışmadan önce ve sonra toplam kinetik enerjileri bulunuz ve sonuçlarınızı tartışınız.

$K_i = \cdots$

$K_s = \cdots$

**DENEYİN YORUMU:**

*(Deneyi teori, amaç ve elde ettiğiniz sonuçlar arasında ilişki kurarak yorumlayınız.)*

**KAYNAKLAR:**

*(Kullandığınız kaynakları yazınız.)*

**1.** …

**2.** …

**EKLER:**

*(Varsa iz ve grafik kağıtları eklenmelidir.)*

**Ek1-**...

**Ek2-**…

# DENEY-7: ESNEK OLMAYAN ÇARPIŞMALAR

**DENEYİN AMACI:**

Yalıtılmış bir sistemde, esnek olmayan çarpışmalarda doğrusal momentum korunumunu ve kinetik enerji korunumunu incelemek.

**ÖN HAZIRLIK SORULARI:**

**1.** Esnek olmayan çarpışma nedir?

**2.** İki vektörün bileşkesi nasıl bulunur?

**TEORİK BİLGİ:**

Esnek olmayan çarpışmalarda momentum korunurken, kinetik enerji korunmaz. Başka bir deyişle, bu tür çarpışmalarda kinetik enerji kaybı olur. Çarpışmadan sonraki toplam kinetik enerji çarpışmadan önceki toplam kinetik enerjiden daha küçüktür. $K_i$ çarpışmadan önceki ve $K_s$ çarpışmadan sonraki toplam kinetik enerji olmak üzere,

$$K_i > K_s \tag{7.1}$$

dir. Kinetik enerji farkı $(K_i - K_s)$ ısı enerjisine ya da başka enerji şekillerine dönüşür. Kinetik enerji farkı, çarpışmaların esnekliğini tanımlamak için kullanılabilir. Bir çarpışma için esneklik katsayısı

$$e = \frac{(K_i - K_s)}{K_i} \tag{7.2}$$

şeklinde tanımlanır.

**DENEYİN YAPILIŞI:**

**1.** Hava masasını yatay hale getiriniz (eğimli olmamasına dikkat ediniz).

**2.** Hava masası üzerine iz kağıdını yerleştiriniz.

**3.** Disklerin birini sol alt, diğerini sağ alt köşeye yerleştiriniz**.**

**4.** Ark pedalına basmadan önce hava pedalına basarak, çarpışma hava masasının ortasında bir yerde gerçekleşecek şekilde diskleri hafifçe hızlandırıp bırakınız. Bu adımı düzgün çarpışmalar elde edene kadar tekrar ediniz.

**5**. Disklerin etrafına yapışkan şeritleri yapışkan kısmı içte kalacak şekilde sarınız.

**6.** Çarpışma hava masasının ortasında bir yerde gerçekleşecek şekilde diskleri hafifçe hızlandırıp bırakınız. Bu adımı düzgün çarpışmalar elde edene kadar tekrar ediniz.

**UYARI! Deney sırasında, ark pedalına bastıktan sonra masanın ve disklerin metal kısımlarına dokunulmaması, diskin plastik kısmından tutulması elektrik akımına maruz kalmanızı engelleyecektir.**

**7.** Elinizin alıştığına kanaat getirdikten sonra, ark kronometresini açınız ve ark pedalına basarak diskleri atınız.

**8.** İz kağıdını hava masasının üzerinden alınız ve iz kağıdınızı deney sorumlusuna kontrol ettiriniz.

**9.** Ark kronometresinin frekans (*f*) değerini kaydediniz. İz kağıdı üzerinde iki ardışık nokta arasındaki zaman ($A$)

*f*=...

A=1/$f$=.....

şeklinde bulunur.

**10.** Her bir yörüngedeki hızları cetvelle ölçüp geçen zamana ($A$ değerine) bölerek çarpışmadan önceki ve sonraki hızları bulunuz.

$$v_1 = \frac{\dots.}{A} =$$

$$v_2 = \frac{\dots.}{A} =$$

$$u_1 = \frac{\dots.}{A} =$$

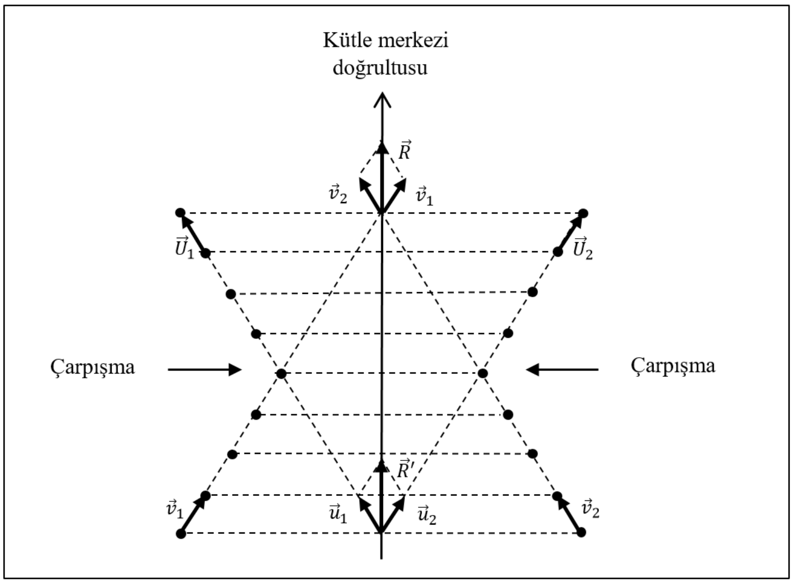
$$u_2 = \frac{\dots.}{A} =$$

**11.** Yörüngeleri, Şekil 7.1'de görüldüğü gibi uzantıları kesişecek şekilde uzatınız ve kesişim noktalarından başlayarak her bir hız vektörünü uzunlukları değişmeyecek şekilde doğrultuları boyunca taşıyınız. Hızları vektörel olarak toplayarak bileşkeleri $\vec{v}_1 + \vec{v}_2$ ve $\vec{u}_1 + \vec{u}_2$'yi bulunuz.

$$R = |\vec{v}_1 + \vec{v}_2\ | = \cdots$$

$$R' = |\vec{u}_1 + \vec{u}_2\ | = \cdots$$

$|\vec{v}_1 + \vec{v}_2\ | = |\vec{u}_1 + \vec{u}_2\ |$ eşitliği sağlanıyor mu? Sonucunuzu tartışınız.




**Şekil 7.1.** Esnek olmayan çarpışma için, çarpışmadan önceki hız vektörlerinin toplamı

$\vec{R} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$, çarpışmadan sonraki hız vektörlerinin toplamı $\vec{R}' = \vec{u}_1 + \vec{u}_2$ dir.

**12.** İz kağıdında birbirine karşılık gelen noktaları Şekil 7.1'deki gibi yatay olarak birleştiriniz ve bu noktalar arası mesafelerin tam orta noktalarını belirleyiniz. Bu noktaları birleştirerek kütle merkezi doğrultusunu elde ediniz.

**13.** Çarpışmadan önceki ve sonraki bölgede ardışık iki çizgi arasındaki dikey mesafeyi ölçüp geçen zamana ($A$ değerine) bölerek, çarpışmadan önceki ve sonraki kütle merkezinin hızını bulunuz. Bulduğunuz değerler uyumlu mu, sonucunuzu tartışınız.

$\vec{V}_{KM} = \cdots$

$\vec{V}'_{KM} = \cdots$

**14.** Çarpışmadan önce ve sonra toplam kinetik enerjileri bulunuz ve sonuçlarınızı tartışınız.

$K_i = \cdots$

$K_s = \cdots$

**15.** Esnek olmayan **ç**arpışma için esneklik katsayısını hesaplayınız.

$e = \frac{(K_i - K_s)}{K_i} = \cdots$

**DENEYİN YORUMU:**

*(Deneyi teori, amaç ve elde ettiğiniz sonuçlar arasında ilişki kurarak yorumlayınız.)*

**KAYNAKLAR:**

*(Kullandığınız kaynakları yazınız.)*

**1.** …

**2.** …

**EKLER:**

*(Varsa iz ve grafik kağıtları eklenmelidir.)*

**Ek1-**...

**Ek2**-...

# DENEY-8: TAMAMEN ESNEK OLMAYAN ÇARPIŞMALAR

## DENEYİN AMACI:

Yalıtılmış bir sistemde tamamen esnek olmayan çarpışmalarda doğrusal momentum korunumunu ve kinetik enerji korunumunu incelemek.

## ÖN HAZIRLIK SORULARI:

**1.** Tamamen esnek olmayan çarpışmaya örnekler veriniz

## TEORİK BİLGİ:

Çarpışmada momentum korunurken kinetik enerji korunmuyorsa ve çarpışmadan sonra cisimler birlikte hareket ediyorlarsa bu tür çarpışmaya *tamamen esnek olmayan çarpışma* denir. Çarpışmadan sonra sistem dönmeden hareket ediyorsa her iki cismin hızı ve kütle merkezinin hızı birbirinin aynı olur. $\vec{u}_1$, $\vec{u}_2$ çarpışmadan sonra cisimlerin hızları ve $\vec{v}$ kütle merkezinin hızı olmak üzere,

$$\vec{u}_1 = \vec{u}_2 = \vec{v} \tag{8.1}$$

yazılabilir. $\vec{v}_1$, $\vec{v}_2$ cisimlerin çarpışmadan önceki hızları olmak üzere momentumun korunumundan,

$$\underbrace{m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2}_{çarpışmadan\ önce} = \underbrace{(m_1 + m_2)\vec{v}}_{çarpışmadan\ sonra} \tag{8.2}$$

bulunur. Bu bağıntıdan, kütle merkezinin hızı,

$$\vec{v} = (m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2)/(m_1 + m_2) \tag{8.3}$$

olur. İki cismin kütleleri eşitse $(m_1 = m_2)$,

$$\vec{v} = (\vec{v}_1 + \vec{v}_2)/2 \tag{8.4}$$

elde edilir. Tamamen esnek olmayan çarpışmalarda her zaman kinetik enerji kaybı vardır. O halde kinetik enerjiler için,

$$\sum K_i > \sum K_s \rightarrow \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 > \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2 \tag{8.5}$$

eşitsizliğini yazabiliriz. Kütlelerin eşit olması durumunda ($m_1 = m_2$ ise),

$$v_1^2 + v_2^2 > 2v^2 \tag{8.6}$$

$K_i$ çarpışmadan önceki ve $K_s$ çarpışmadan sonraki toplam kinetik enerji olmak üzere, esneklik katsayısı,

$$e = \frac{(K_i - K_s)}{K_i} \tag{8.7}$$

denklemiyle hesaplanabilir.

**DENEYİN YAPILIŞI:**

**1.** Hava masasını yatay hale getiriniz (eğimli olmamasına dikkat ediniz).

**2.** Hava masası üzerine iz kağıdını yerleştiriniz.

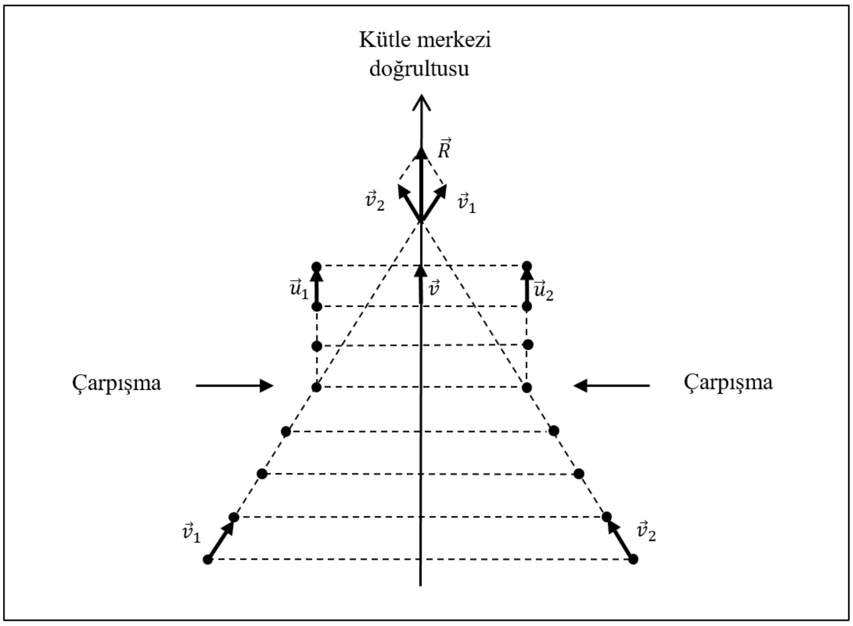
**3.** Disklerin çevresine yapışkan yüzeyleri dışa gelecek şekilde yapışkan şeritleri sarınız. Disklerin birini sol alt, diğerini sağ alt köşeye yerleştiriniz**.**

**4.** Ark pedalına basmadan önce hava pedalına basarak, çarpışma hava masasının ortasında bir yerde gerçekleşecek şekilde diskleri hafifçe hızlandırıp bırakınız. Bu adımı düzgün çarpışmalar elde edene kadar tekrar ediniz.

**UYARI! Deney sırasında, ark pedalına bastıktan sonra masanın ve disklerin metal kısımlarına dokunulmaması, diskin plastik kısmından tutulması elektrik akımına maruz kalmanızı engelleyecektir.**

**5.** Elinizin alıştığına kanaat getirdikten sonra, ark kronometresini açınız.ve ark pedalına basarak diskleri atınız.

**6.** İz kağıdını hava masasının üzerinden alınız. Şekil 8.1'deki gibi bir desen elde etmelisiniz. Devam etmeden önce, iz kağıdınızı deney sorumlusuna kontrol ettiriniz.




**Şekil 8.1**. Tamamen esnek olmayan çarpışma için, çarpışmadan önceki hız vektörlerinin toplamı $\vec{R} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$, çarpışmadan sonraki ortak hız $\vec{v}$ dir.

**7.** Ark kronometresinin frekans (*f*) değerini kaydediniz. İz kağıdı üzerinde iki ardışık nokta arasındaki zaman ($A$)

*f*=...

A=1/$f$ =.....

şeklinde bulunur.

**8.** Her bir yörüngedeki hızları cetvelle ölçüp geçen zamana ($A$ değerine) bölerek çarpışmadan önceki hızları ve çarpışmadan sonraki ortak hızı bulunuz.

$$v_1 = \frac{\dots.}{A} =$$

$$v_2 = \frac{\dots.}{A} =$$

$$v = \frac{\dots.}{A} =$$

**9.** Yörüngeleri Şekil 8.1'de görüldüğü gibi uzantıları kesişecek şekilde uzatınız ve kesişim noktalarından başlayarak her bir hız vektörünü uzunlukları değişmeyecek şekilde doğrultuları boyunca taşıyınız.

Hızları vektörel olarak toplayarak bileşkeleri $\vec{v}_1 + \vec{v}_2$'yi bulunuz.

$R = |\vec{v}_1 + \vec{v}_2\ | = \cdots$

$|\vec{v}_1 + \vec{v}_2\ | = 2|\vec{v}|$ eşitliği sağlanıyor mu? Sonucunuzu tartışınız.

**10.** Çarpışmadan önce ve sonra toplam kinetik enerjileri bulunuz. Kinetik enerji korunuyor mu?

$K_i = \cdots$

$K_s = \cdots$

**DENEYİN YORUMU:**

*(Deneyi teori, amaç ve elde ettiğiniz sonuçlar arasında ilişki kurarak yorumlayınız.)*

**KAYNAKLAR:**

*(Kullandığınız kaynakları yazınız.)*

**1.** …

**2.** …

**EKLER:**

*(Varsa iz ve grafik kağıtları eklenmelidir.)*

**Ek1-**...

**Ek2-**…

## DENEY-9: BASİT HARMONİK HAREKET

**DENEYİN AMACI:**

Basit harmonik hareketi incelemek.

**ÖN HAZIRLIK SORULARI:**

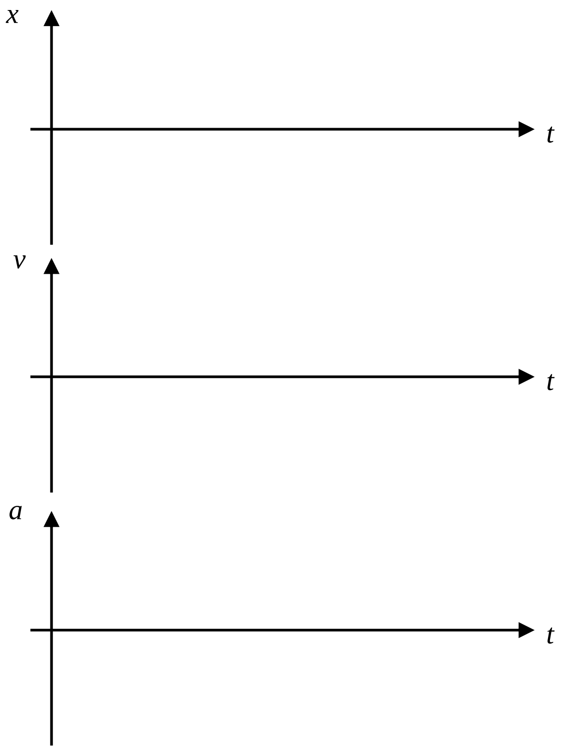
**1.** Hooke yasası nedir? Geçerli olduğu durumları tartışınız.

**2.** Yay sabitini tanımlayınız ve birim analizini yapınız.

**3.** Frekans ve periyodu tanımlayınız.

**4.** Harmonik hareket yapan bir cismin yerdeğiştirmesi $x = A\,sin\omega t$ ile veriliyor. Bu cisim için aşağıdaki tabloyu doldurarak, *x-t*, *v-t* ve *a-t* grafiklerini çiziniz. Not: $\omega = 2\pi/T$ olduğunu unutmayınız.

| $t$ | $x = A\,sin\omega t$ | $v = \omega A\,cos(\omega t)$ | $a = -\omega^2 Asin\omega t$ |
|---|---|---|---|
| *t= 0* | $x = A\sin\left(\frac{2\pi}{T}.0\right) = Asin0$ $= 0$ | … | … |
| *t=T/4* | $x = A\sin\left(\frac{2\pi}{T}.\frac{T}{4}\right)$ $= Asin\frac{\pi}{2}$ $= A$ | … | … |
| *t= T/2* | … | … | … |
| *t= 3T/4* | … | … | … |
| *t= T* | … | … | … |




**TEORİK BİLGİ:**

Küçük yerdeğiştirmeler durumunda, $k$ yay sabitine sahip bir yayın boyunu $x$ kadar uzatmak için yaya uygulanması gereken kuvvet yerdeğiştirme ve yay sabitiyle doğru orantılıdır, yerdeğiştirme ile zıt yöndedir (Hook Kanunu):

$$F = -kx \qquad (9.1)$$

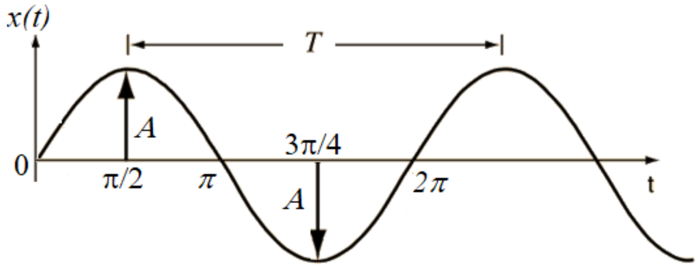
Böyle bir kuvvet etkisinde cismin yaptığı harekete *basit harmonik hareket* denir ve cismin yerdeğiştirmesi

$$F = ma \rightarrow -kx = m\frac{d^2x}{dt^2} \qquad (9.2)$$

denkleminin çözümünden

$$x = A\,sin(\omega t + \delta) \qquad (9.3)$$

şeklindedir. Burada $A$ hareketin genliği, $\omega$ açısal frekansı ve $\delta$ da faz açısıdır. Yerdeğiştirmenin zamana göre değişimi faz açısının sıfır olduğu durum için Şekil 9.1'de gösterilmiştir.




**Şekil 9.1.** Basit harmonik harekette yerdeğiştirmenin zamana göre değişimi

Faz açısının sıfır olduğu durumda cismin yerdeğiştirmesi, hızı ve ivmesi:

$$x = A\,sin\omega t \tag{9.4}$$

$$v = \frac{dx}{dt} = \omega A\,cos\omega t \tag{9.5}$$

$$a = \frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 Asin\omega t \tag{9.6}$$

şeklindedir. $-kx = ma$ eşitliğinde yerdeğiştirme ($x$) ve ivme ($a$) yerine yazılırsa,

$$-k(A\,sin\omega t) = m(-\omega^2 Asin\omega t) \rightarrow k = m\omega^2 \rightarrow \omega^2 = \frac{k}{m} \rightarrow \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \tag{9.7}$$

elde ederiz. Hareketin periyodu,

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\sqrt{k/m}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \tag{9.8}$$

ile verilir.

**DENEYİN YAPILIŞI:**

**A. Yay Sabitlerinin Tayini**

**1.** Öncelikle deneyde kullanacak olan yayların yay sabitlerini belirlenmelidir. Bunun için öncelikle hava masasına $\phi$ kadar eğim veriniz ve eğim açısını hesaplayınız.

$\phi = \ldots$

**UYARI! Deney sırasında, ark pedalına bastıktan sonra masanın ve disklerin metal kısımlarına dokunulmaması, diskin plastik kısmından tutulması elektrik akımına maruz kalmanızı engelleyecektir.**

**2.** Yayın bir ucunu hava masasının üst kısmına tutturunuz. Alt ucuna disklerden birini bağlayınız. Diski bırakmadan yay denge konumunda iken ark pedalına basınız ve denge konumunu belirleyiniz. Diskin kütlesini not alınız.

$m = \cdots$

**3.** Daha sonra diski bırakınız ve yay bir miktar uzayıp disk durduktan sonra ark pedalına bir daha basınız. İz kağıdı üzerinde iki nokta arasındaki mesafeyi ölçerek yayın ne kadar uzadığını belirleyiniz.

$x = x_1 = \cdots$

**4.** Newton hareket denklemi yardımıyla, $mgsin\varphi = kx$ yazarız, buradan yay sabitini bulabiliriz:

$$k = \frac{mgsin\phi}{x}$$

Birinci yay için yay sabitini bulunuz:

$$k_1 = \frac{mgsin\phi}{x_1} = \cdots$$

**5.** Diğer yay için yay sabitini bulunuz:

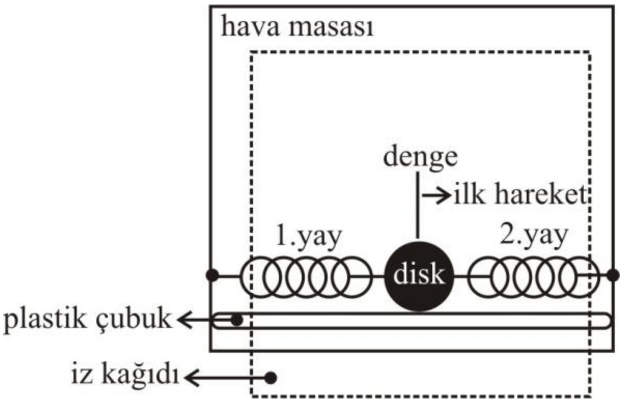
$x_2 = \cdots$

$$k_2 = \frac{mgsin\phi}{x_2} = \cdots$$

**B. Yay-Disk-Yay Sistemi, Basit Harmonik Hareket**

**1.** Yay sabitlerini belirlediğiniz yayları ve disklerden birini kullanarak Şekil 9.2'deki düzeneği kurunuz. Basit harmonik hareketi incelemek üzere aşağıdaki adımları takip ediniz. Diskin kütlesini not alınız.

$m_{disk} = \cdots$

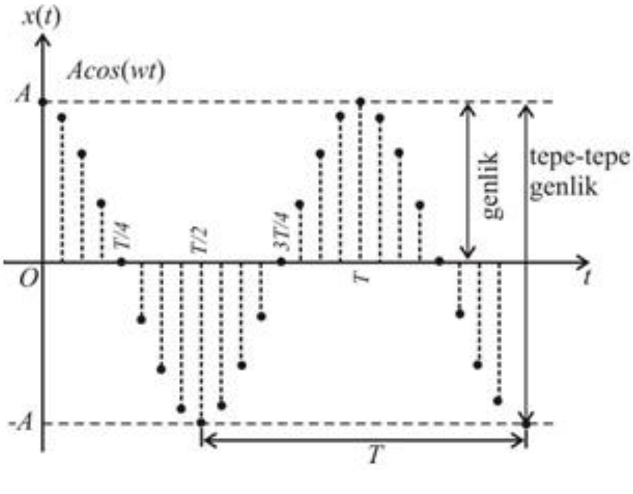



**Şekil 9.2**. Basit harmonik hareket deney düzeneği

**2.** İz kağıdını plastik çubuğun altından geçiriniz ve masanın kenarından hafifçe sarkıtınız. Diski yay doğrultusunda bir miktar çekiniz ve salınıma bırakınız. Bu esnada ark pedalına basarak kağıdı sabit bir hızla yavaşça çekiniz. Şekil 9.3'tekine benzer bir iz deseni elde etmeye çalışınız (iyi bir iz deseni elde edene kadar bu işlemi tekrarlayınız). İz deseni üzerinde gerekli çizimleri yapınız, eksenleri yerleştiriniz. Genlik ve tepe-tepe genlik değerlerini ölçünüz, aşağıya kaydediniz.

$A = \cdots$

$A_{tepe-tepe} = \ldots$




**Şekil 9.3.** Örnek iz deseni ve işaretlemeler

**3.** Ark kronometresinin frekans (*f*) değerini kaydediniz. İz kağıdı üzerinde iki ardışık nokta arasındaki zaman ($A'$)

*f*=…

$A' = 1/f = \cdots$

şeklinde bulunur.

**4.** İki tepe, iki çukur veya özdeş iki nokta arasında kaç aralık olduğunu sayınız ve bu değeri $A'$ ile çarparak hareketin periyodunu (T) belirleyiniz, açısal frekansını (w) hesaplayınız:

$T = aralık\ sayısı\ x\ A' = \ldots$

$Açısal\ frekans: w = 2\pi/T = \ldots$

**5.** Yay-disk-yay siteminde diske etki eden toplam kuvvet,

$F_{net} = -k_1 x - k_2 x = -(k_1 + k_2)x = -k_{eş} x$

olduğundan sistemin yay sabiti $k_{eş} = k_1 + k_2$ olmalıdır. Bu bağıntı yardımıyla sistemin yay sabitini bulunuz ve periyodunu hesaplayınız:

$k_{eş} = \cdots$

$T = 2\pi \sqrt{m_{disk}/k_{eş}} = \cdots$

Hesapladığınız periyot değerini, 4. maddedeki iz kağıdı üzerinde bulduğunuz değerle karşılaştırınız, sonucunuzu yorumlayınız.

**DENEYİN YORUMU:**

*(Deneyi teori, amaç ve elde ettiğiniz sonuçlar arasında ilişki kurarak yorumlayınız.)*

**KAYNAKLAR:**

*(Kullandığınız kaynakları yazınız.)*

**1.** …

**2.** …

**EKLER:**

*(Varsa iz ve grafik kağıtları eklenmelidir.)*

**Ek1-**...

**Ek2-**…

# DENEY-10: YERÇEKİMİ İVMESİNİN BELİRLENMESİ

## DENEYİN AMACI:

Hata hesabı yaparak g yerçekimi ivmesini hesaplamak.

## ÖN HAZIRLIK SORULARI:

1. Ölçümlerde oluşabilecek hatalar nelerden kaynaklanabilir?

2. Hata çeşitlerini yazınız.

## TEORİK BİLGİ:

### A. Fiziksel Ölçümler ve Hatalar

Her ölçüm bazı hata içerir. Deneylerde bulunan sayısal sonuçlar ölçüm hataları belirlenmedikçe hiçbir anlam ifade etmez. Her ölçülen sonuçta, bu sonucun güvenilirlik sınırları, yani hata sınırları belirtilmelidir. Bu amaçla hataların saptanmasına ilişkin bazı pratik bilgiler aşağıda sunulmuştur. Deneylerde oluşan iki tür hata vardır: (*i*) Sistematik Hatalar ve (*ii*) İstatistiksel Hatalar.

*i) Sistematik Hatalar:* Adından da anlaşılacağı gibi sistemin kendisinden gelen sabit hatalardır ve sonucu sürekli olarak aynı yönde etkilerler. Örneğin, hareket halindeki bir cismin ivmesini hesaplarken cismin kütlesi için 1 kilogramdan daha ağır bir kütle ile ölçüm yapılmışsa, ölçüm sonucu aynı oranda daha küçük olacaktır. Bu tip hataların var olması durumunda hatalar tek yönlüdür; sonuç ya sürekli daha büyük ya da daha küçüktür. Sistematik hatalar aşağıdaki yöntemlerle giderilebilir:

1. Ölçüm sonucunda gerekli düzeltme yapılarak,
2. Ölçü sistemindeki hata giderilerek,
3. Ölçüm yöntemi değiştirilerek.

*ii) İstatistiksel Hatalar:* Ölçüm hassasiyetinin sınırlı oluşundan dolayı, ölçülen nesne ya da ölçüm sistemindeki kararsızlıklardan kaynaklanan, genellikle küçük ve çift yönlü hatalardır. Bu tip hataların varlığı, aynı ölçümün çok sayıda yinelenmesiyle görülebilir. Ölçülen sonuçlar birbirinden farklı olup belirli bir değer çevresinde dağılım gösterir. Bu hatalar ölçüm sonuçlarından ayıklanamaz, ancak hata paylarının ve ölçülen büyüklüğün hangi sınırlar içinde güvenilir olduğunun yaklaşık olarak saptanması mümkündür. Bu tip hataların ölçüm sonuçlarına etkisi, aynı ölçümün çok sayıda yinelenmesi ve sonuçların istatistiksel olarak değerlendirilmesiyle azaltılabilir.

Bir fiziksel büyüklük örneğin $x$, $N$ kez ölçüldüğünde, ölçüm sonuçları $x_1, x_2, ..., x_N$ olsun. $x$'in ortalama değeri $\bar{x}$,

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \cdots + x_N)}{N} \tag{10.1}$$

olarak verilir. $\bar{x}$ değeri, $x$'in en yaklaşık değeridir. O halde bir büyüklük $N$ kez ölçülmüşse, ortalama değerini ölçüm sonucu olarak alabiliriz. Bulunan ölçüm sonucunun güvenilirliği, ölçüm sayısı $N$ ile orantılı olarak artar. Ancak deneylerde yeterli sayıda tekrarla yetinmek zorundayız.

$\bar{x}$ değerindeki hata nedir? Hataların saptanmasında kullanılan genel bir yöntem, ortalama sapma değerinin belirlenmesidir. Örneğin $x_i$ ölçümündeki sapma,

$$d_i = x_i - \bar{x} \tag{10.2}$$

ve bu ölçüme ait ortalama sapma,

$$\bar{d} = (|d_1| + |d_2| + |d_3| + \cdots + |d_N|)/N \tag{10.3}$$

şeklindedir. Ortalama sapma değerlerinin aritmetik ortalaması, istatistiksel hata olarak alınabilir. $x$ için ölçüm sonucu

$$x = \bar{x} \pm \bar{d} \tag{10.4}$$

şeklinde ifade edilir. Bazı hallerde hatalar hata yüzdesi olarak verilir. Bu durumda hata yüzdesi $(\bar{d}/\bar{x})\times100\%$ olacağından bu durumda $x$ için ölçüm sonucu

$$x = \bar{x} \pm \left[(\bar{d}/\bar{x})\times100\%\right] \tag{10.5}$$

olacaktır. Yapılan $N$ ölçüm için ortalama değerden sapma, ölçülen değerin hassaslığının saptanmasında bir ölçü olabilir. Ancak bu sapma miktarı gerçek hata değildir. Bu yalnızca istatistiksel hatanın saptanmasında bir yaklaşım olarak düşünülmelidir.

Ölçümlerin çok sayıda yinelenmesinin mümkün olmadığı, sistematik hatanın varlığından şüphe edildiği, ya da hassas olmayan ölçü aletlerinin kullanıldığı durumlarda, ölçüm hatalarının saptanmasında en uygun yol, olası en büyük hata değerinin alınmasıdır. Örneğin, en küçük bölümü 1mm olan bir metreyle ölçülen uzunluk için, olası en büyük hata $\Delta x$=1 mm olacaktır. Bu durumda ölçülen bir $x$ uzunluğunun gerçek değeri $x$-$\Delta x$ ve $x$+$\Delta x$ arasında değişecektir.

Ölçümler çoğunlukla doğrudan yapılamaz. İlişkili değerler ölçülür ve belirlenmesi istenen fizikî büyüklük hesaplanır. Bu durumda değişik büyüklüklerin ölçümünden gelecek hata paylarının sonuç üzerindeki etkisinin belirlenmesi gerekir. Böyle durumlarda hataların hesabında kullanılacak yöntemleri kısaca inceleyelim.

$r = f(x, y, z)$ bağıntısıyla verilen $r$ fiziki büyüklüğünün, $x$, $y$, $z$ büyüklüklerinin ölçümüyle hesaplanacağını kabul edelim. $x$, $y$ ve $z$'nin ölçümünde olası en büyük hata sırasıyla $\Delta x$, $\Delta y$, $\Delta z$ ise bu değerlerin *r*'nin değişimine etkisi,

$$\Delta r = \left|\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right) \cdot \Delta x\right| + \left|\left(\frac{\partial f}{\partial y}\right) \cdot \Delta y\right| + \left|\left(\frac{\partial f}{\partial z}\right) \cdot \Delta z\right| \tag{10.6}$$

şeklinde olacaktır. Yukarıdaki ifadenin uygulanması ile ilgili birkaç örnek aşağıda verilmiştir.

**a. Toplama:** $r = x + y \rightarrow \Delta r = |\Delta x| + |\Delta y| = \Delta x + \Delta y$ (KURAL 1)

**b. Çıkarma:** $r = x - y \rightarrow \Delta r = |\Delta x| + |-\Delta y| = \Delta x + \Delta y$ (KURAL 2)

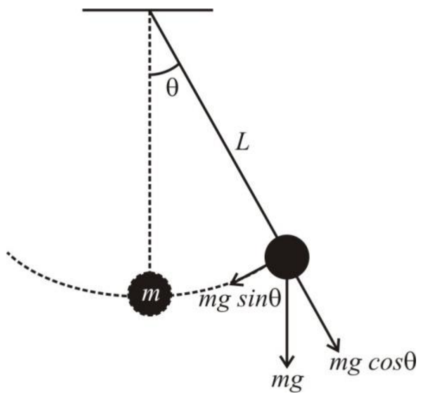
**c. Çarpma:** $r = x \cdot y \rightarrow \Delta r = |y \cdot \Delta x| + |x \cdot \Delta y| = y\Delta x + x\Delta y \rightarrow \frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}$ (KURAL 3)

**d. Bölme:** $r = x/y \rightarrow \Delta r = \frac{|y \cdot \Delta x| + |x \cdot \Delta y|}{y^2} = \frac{\Delta x}{y} + r\frac{\Delta y}{y} \rightarrow \frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}$ (KURAL 4)

**e. Üstel Fonksiyon:** $r = x^n \rightarrow \Delta r = nx^{n-1}\Delta x \rightarrow \frac{\Delta r}{r} = n\frac{\Delta x}{x}$ (KURAL 5) (*n* herhangi bir sayı)

**f. Trigonometrik Fonksiyon:** $r = sin(x) \rightarrow \Delta \mathrm{r} = \cos(\mathrm{x})\Delta \mathrm{x}$

**B. Basit Sarkaç**




**Şekil 10.1.** Basit sarkaç

Bir ucu sabit bir noktaya bağlanan ve diğer ucuna bir kütle bağlanarak oluşturulan sisteme *basit sarkaç* denir (Şekil 10.1). Kütleye hareket boyunca

$$F = -mgsin\theta \tag{10.7}$$

kuvveti etki eder. (-) işareti kuvvetin geri çağırıcı karakterde olduğunu gösterir, başka bir deyişle bu kuvvet kütleyi sürekli denge durumuna getirmeye çalışır ve yer değiştirmeye zıt yöndedir. Kütlenin hareket denklemi Newton'un ikinci yasasına göre,

$$F = ma = m\frac{d^2x}{dt^2} = -mgsin\theta \tag{10.8}$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + gsin\theta = 0 \rightarrow \frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{L}sin\theta = 0 \tag{10.9}$$

şeklindedir. Hareket denklemi 2. mertebeden lineer-olmayan bir diferansiyel denklemdir ve analitik çözümü yoktur! Ancak *küçük yerdeğiştirmeler* durumunda, $sin\theta \cong \theta$ yazabiliriz, bu durumda denklem sabit katsayılı 2. mertebeden bir diferansiyel denkleme dönüşür ve çözümü vardır:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{L}\theta = 0 \rightarrow \theta(t) = Asin(\omega t + \delta), \omega^2 = \frac{g}{L} \tag{10.10}$$

Hareketin periyodu,

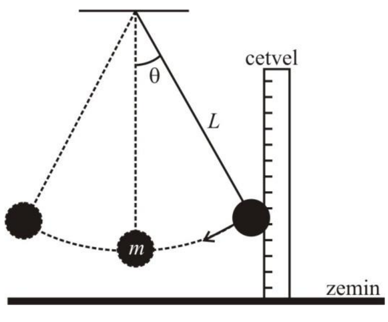
$$T = \frac{2\pi}{w} = \frac{2\pi}{\sqrt{g/L}} = 2\pi\sqrt{L/g} \tag{10.11}$$

şeklindedir.

***Önemli Not:*** Burada sunulan çözümün sadece denge konumundan *küçük yerdeğiştirmeler* için geçerli olduğunu unutmayınız. Deneyde sarkacınıza çok büyük açılarla salınım yaptırırsanız bu çözümler geçerli olmayacaktır!

**DENEYİN YAPILIŞI:**

**1.** Bir plastik cetveli sarkacın yan tarafında sabit olarak tutunuz ve kütleyi çekerek cetvel üzerinde belirlediğiniz bir yükseklikten serbest bırakınız (Şekil 10.2). Çok büyük açıyla bırakmamaya dikkat ediniz.




**Şekil 10.2.** Basit sarkaç deney düzeneği

**2.** Bu sırada kronometreyi başlatınız ve kütlenin 5 salınım yapması için geçen süreyi ölçünüz (kütle bırakıldığı noktaya geldiğinde bir salınım yapmış olur ve 1 periyotluk süre geçer). Kütleyi durdurunuz ve ipin uzunluğunu ölçünüz. Ölçtüğünüz süreyi ve uzunluğu yukarıdaki tabloya kaydediniz. Yaptığınız işlemleri 9 kez daha tekrarlayınız ve tabloyu doldurunuz. Her defasında farklı bir kişinin ölçüm yapmasına dikkat edin. Ölçtüğünüz süreleri 5'e bölerek periyotları hesaplayınız. Daha sonra periyotların ve uzunlukların aritmetik ortalamasını hesaplayınız.

**Tablo 10.1.** Salınım hareketi ölçümleri tablosu

| Ölçüm | 5 salınım için geçen süre, *t* (…) | 1 salınım için geçen süre periyot, *T* (…) | İpin boyu, *L* (…) |
|---|---|---|---|
| **1.** | $t_1$= | $T_1$= $t_1$/5= | $L_1$= |
| **2.** | $t_2$= | $T_2$= $t_2$/5= | $L_2$= |
| **3.** | $t_3$= | $T_3$= $t_3$/5= | $L_3$= |
| **4.** | $t_4$= | $T_4$= $t_4$/5= | $L_4$= |
| **5.** | $t_5$= | $T_5$= $t_5$/5= | $L_5$= |
| **6.** | $t_6$= | $T_6$= $t_6$/5= | $L_6$= |
| **7.** | $t_7$= | $T_7$= $t_7$/5= | $L_7$= |
| **8.** | $t_8$= | $T_8$= $t_8$/5= | $L_8$= |
| **9.** | $t_9$= | $T_9$= $t_9$/5= | $L_9$= |
| **10.** | $t_{10}$= | $T_{10}$= $t_{10}$/5= | $L_{10}$= |
| | | *Toplam* $T=T_{top}=$ | *Toplam* $L=L_{top}=$ |
| | | $\bar{T} = T_{ort} = T_{top}/10=$ | $\bar{L} = L_{ort} = L_{top}/10=$ |

**3.** $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ ifadesinden $g$ çözülürse, $g = 4\pi^2\frac{L}{T^2}$ elde edilir. Bu ifadede uzunluk ve periyot için yukarıda hesaplamış olduğunuz ortalama değerleri kullanarak, ortalama $g$'yi ($g_{ort}$) hesaplayınız:

$$g_{ort} = 4\pi^2\frac{L_{ort}}{T^2{}_{ort}} = \cdots$$

**4.** Periyotlar için ortalama sapmayı hesaplayınız, işlemlerinizi Tablo 10.2 üzerinde yapınız.

**Tablo 10.2.** Periyot için ortalama sapma hesabı tablosu

| Ölçüm | Periyot (...) | Periyot için sapma, $d_i = T_i - \bar{T}$ (...) | |
|---|---|---|---|
| **1.** | $T_1$= | $d_1 = T_1 - \bar{T}$= | $\lvert d_1\rvert$= |
| **2.** | $T_2$= | $d_2 = T_2 - \bar{T}$= | $\lvert d_2\rvert$= |
| **3.** | $T_3$= | $d_3 = T_3 - \bar{T}$= | $\lvert d_3\rvert$= |
| **4.** | $T_4$= | $d_4 = T_4 - \bar{T}$= | $\lvert d_4\rvert$= |
| **5.** | $T_5$= | $d_5 = T_5 - \bar{T}$= | $\lvert d_5\rvert$= |
| **6.** | $T_6$= | $d_6 = T_6 - \bar{T}$= | $\lvert d_6\rvert$= |
| **7.** | $T_7$= | $d_7 = T_7 - \bar{T}$= | $\lvert d_7\rvert$= |
| **8.** | $T_8$= | $d_8 = T_8 - \bar{T}$= | $\lvert d_8\rvert$= |
| **9.** | $T_9$= | $d_9 = T_9 - \bar{T}$= | $\lvert d_9\rvert$= |
| **10.** | $T_{10}$= | $d_{10} = T_{10} - \bar{T}$= | $\lvert d_{10}\rvert$= |
| | | | *Toplam=* |
| | | $\Delta T = \Delta d = \bar{d}$ =*Toplam/10=* | |

**5.** Uzunluklar için ortalama sapmayı hesaplayınız, işlemlerinizi aşağıdaki Tablo 10.3 üzerinde yapınız.

**Tablo 10.3.** Uzunluk için ortalama sapma hesabı tablosu

| Ölçüm | İpin boyu (...) | Uzunluk için sapma, $b_i = L_i - \bar{L}$ (...) | |
|---|---|---|---|
| **1.** | $L_1$= | $b_1 = L_1 - \bar{L}$= | $\lvert b_1 \rvert$= |
| **2.** | $L_2$= | $b_2 = L_2 - \bar{L}$= | $\lvert b_2 \rvert$= |
| **3.** | $L_3$= | $b_3 = L_3 - \bar{L}$= | $\lvert b_3 \rvert$= |
| **4.** | $L_4$= | $b_4 = L_4 - \bar{L}$= | $\lvert b_4 \rvert$= |
| **5.** | $L_5$= | $b_5 = L_5 - \bar{L}$= | $\lvert b_5 \rvert$= |
| **6.** | $L_6$= | $b_6 = L_6 - \bar{L}$= | $\lvert b_6 \rvert$= |
| **7.** | $L_7$= | $b_7 = L_7 - \bar{L}$= | $\lvert b_7 \rvert$= |
| **8.** | $L_8$= | $b_8 = L_8 - \bar{L}$= | $\lvert b_8 \rvert$= |
| **9.** | $L_9$= | $b_9 = L_9 - \bar{L}$= | $\lvert b_9 \rvert$= |
| **10.** | $L_{10}$= | $b_{10} = L_{10} - \bar{L}$= | $\lvert b_{10} \rvert$= |
| | | | *Toplam =* |
| | | $\Delta L = \Delta b = \bar{b}$ =*Toplam/10*= | |

**6.** $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ bağıntısından hata hesabı yaparsak (KURAL 4 ve KURAL 5 birleştirilerek),

$$\frac{\Delta T}{T} = \frac{1}{2}\left(\frac{\Delta L}{L} + \frac{\Delta g}{g}\right) \rightarrow \frac{\Delta g}{g_{ort}} = 2\frac{\Delta T}{T_{ort}} - \frac{\Delta L}{L_{ort}} \rightarrow \Delta g = g_{ort}\left[2\frac{\Delta T}{T_{ort}} - \frac{\Delta L}{L_{ort}}\right] \qquad (10.12)$$

bulunur.

g'yi bulurken yaptığınız hatayı ($\Delta g$) hesaplayınız:

$$\Delta g = g_{ort}\left[2\frac{\Delta T}{T_{ort}} - \frac{\Delta L}{L_{ort}}\right] = \cdots$$

**7.** Yerçekimi ivmesi yazınız:

$$g = g_{ort} \pm \Delta g = \cdots$$

**DENEYİN YORUMU:**

*(Deneyi teori, amaç ve elde ettiğiniz sonuçlar arasında ilişki kurarak yorumlayınız.)*

**KAYNAKLAR:**

*(Kullandığınız kaynakları yazınız.)*

**1.** …

**2.** …

**EKLER:**

*(Varsa iz ve grafik kağıtları eklenmelidir.)*

**Ek1-**...

**Ek2-**…