

T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
GENEL FİZİK I
LABORATUVAR FÖYÜ



2016

DENEY 1: BİR BOYUTTA HAREKET

DENEYİN AMACI: Bir boyutta düzgün doğrusal ve ivmeli hareketin incelenmesi.

1.1. SABİT İVMELİ HAREKET

TEORİK BİLGİ

Bir doğru boyunca hareket eden bir cismin, eşit zaman aralıklarında hızındaki değişim daima aynı ise, bu harekete **sabit ivmeli düzgün hızlanan hareket** denir. İvme sabit olduğunda, ortalama ivme ani ivmeye eşittir. Bu tür harekette hız, hareketin başından sonuna kadar aynı oranda artar ya da azalır.

$t_i=0$ ve $t_s=t$ alırsak,

$$a_x = \frac{v_{xs} - v_{xi}}{t}$$

veya

$$v_{xs} = v_{xi} + a_x t \quad (a_x \text{ sabit}) \quad (1.1)$$

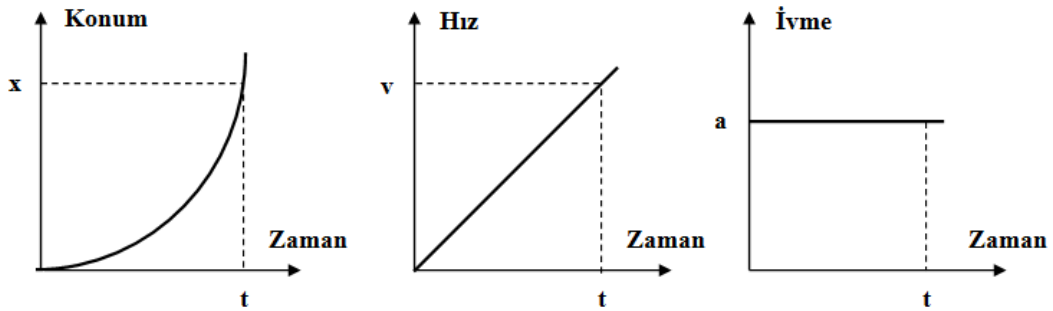
Harekete ait yer değiştirmeyi zamanın fonksiyonu olarak

$$\Delta x = x_s - x_i$$
$$x_s - x_i = v_{ix} t + \frac{1}{2} a_x t^2 \quad (a_x \text{ sabit}) \quad (1.2)$$

şeklinde yazabiliriz. Son olarak, Eşitlik 1.1'deki t değerini Eşitlik 1.2'de yerine koyarsak yer değiştirmeye bağlı zamansız hız denklemi aşağıdaki gibi elde edilmiş olur.

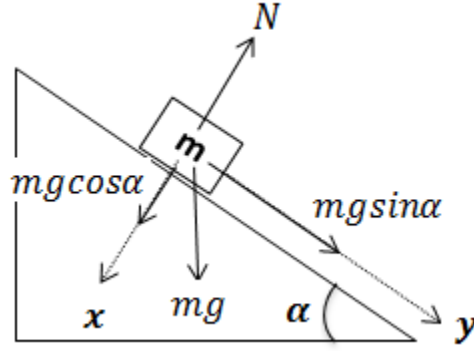
$$v^2 - v_0^2 = 2a(x - x_0) \quad (1.3)$$

Sabit ivmeli hareket yapan cismin zamana bağlı konum, hız ve ivme grafikleri Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1: Sabit ivmeli hareket için konum, hız ve ivmesinin zamana göre değişim grafiği

Sabit ivmeli harekete bir örnek de bir cismin eğik düzlem üzerindeki hareketidir.



Şekil 1.2. Eğik düzlem üzerinde duran bir cismin serbest bırakıldığında üzerine etkiyen kuvvetler.

$$\vec{F}_x = mg \sin \theta \hat{x} \quad (1.4)$$

$$\vec{N} = mg \cos \theta \hat{y} \quad (1.5)$$

$$\vec{N} = -\vec{N}' \quad (1.6)$$

Sürtünmesiz eğik bir düzlemde hareket eden bir cisme etkiyen kuvvetler Şekil 1.2 deki gibidir. Eğik düzlem üzerinde duran cisim serbest bırakıldığında, Newton'un İkinci Yasası'na göre kuvvet yönünde ve kuvvetin büyüklüğüyle doğru orantılı olarak hızlanır, yani ivmeli hareket yapar. Cisme etkiyen kuvvetle ivme arasındaki genel bağıntı,

$$\vec{F} = \sum m \vec{a} \quad (1.7)$$

şeklinde yazılabilir.

Eğik düzlem üzerinde hareket eden cismin x-ekseni yönündeki ivmesi,

$$\vec{a}_x = g \sin \theta \hat{x} \quad (1.8)$$

olarak hesaplanır.

İvme ifadesinin zamana göre integrali alınırsa hız ve yol için,

$$\vec{v}_x = gt \sin \theta \hat{x} \quad (1.9)$$

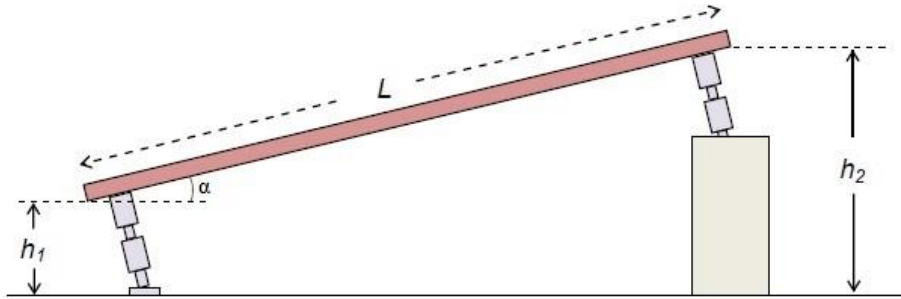
$$\vec{x} = \frac{1}{2} gt^2 \sin \theta \hat{x} \quad (1.10)$$

ifadeleri bulunur. Yukarıdaki denklemlerde, cismin ilk hızının sıfır olduğu kabul edilmiştir.

DENEYİN YAPILIŞI

- Veri alırken masanın metal kısmına kesinlikle dokunmayın.
 - Ölçüm alırken disklerden ikisi de masa üzerinde değilken kıvılcım zamanlayıcıyı asla çalıştırmayın.
 - Kıvılcım ateşleyicisini çalıştırdığınız anda masa üzerinde olması gereken disklerden birisi elinizde bulunmamalıdır.
- Aksi durumda **şok güvenliği konusunda garanti verilmemektedir.**

- ✓ Hava masasının arka ayağının altına küçük bir blok koyarak eğimli hale getirin.



Şekil 1.3: Hava masasının eğik düzlem şeklinde gösterimi

Bu konumda elde edilecek olan eğim açısı aşağıdaki eşitlik yardımı ile bulunur.

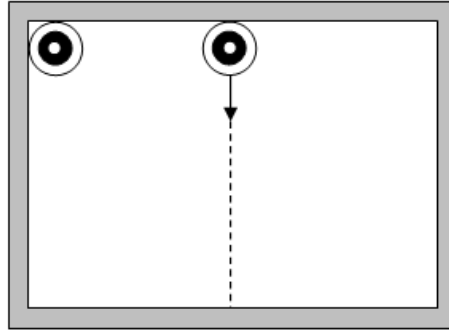
$$\sin\alpha = \frac{h_2 - h_1}{L} \quad (1.11)$$

Bu eşitlikte, h_1 hava masasının ön, h_2 arka tarafının yüksekliği ve L kenar uzunluğudur.

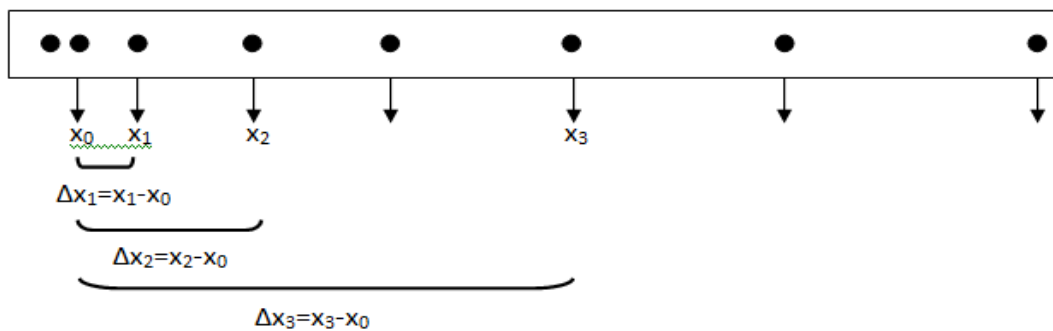
- ✓ Eğik düzlemin h_1 , h_2 ve L uzunluklarını ölçün ve sonuçlarını aşağıdaki tabloya yazın.

	Ölçülen değerler
Frekans (f) (Hz)	
h_1 (cm)	
h_2 (cm)	
L (cm)	
$\alpha(^{\circ})$	

- ✓ Hava masasının üzerine karbon kağıdını ve ölçüm alacağınız kağıdı yerleştirin.
- ✓ Disklerden birini ölçüm almak üzere masanın yüksek kenarına, diğerini ise ölçümü engellemeyecek ve plastik sabitleyiciler ile hareket etmeyecek şekilde cam yüzeyin üst kenarına yerleştirin.



- ✓ Kompresör çalıştırılmadan önce, hava masasının yüksek kısmında bulunan diskin hareketsiz kalmasını sağlayın.
- ✓ Kompresörü çalıştırın.
- ✓ Kıvılcım zamanlayıcısını açın ve uygun frekans değerine ayarlayın (40,60 veya 80 Hz).
- ✓ Hareket ile aynı anda kıvılcım ateşleyicisine basın ve hareketin sonuna kadar basılı tutun.
- ✓ Ölçüm sonucunu görmek için kompresörü ve kıvılcım ateşleyicisini kapatın.
- ✓ Disklerin altından kağıdı çekerek kağıt üzerindeki noktaları gözlemleyin.
- ✓ Aldığınız ölçümlerden emin olduktan sonra laboratuvar görevlisine onaylatın.
- ✓ Noktalar başlangıç noktasında çok sık ise belirtilen zaman ve konum noktasını bir sonraki noktadan alın ve bu noktayı referans noktası kabul edin.
- ✓ Referans noktasından itibaren birkaç nokta seçerek noktalar arasındaki mesafeyi ölçün ve frekansı kaydedin.



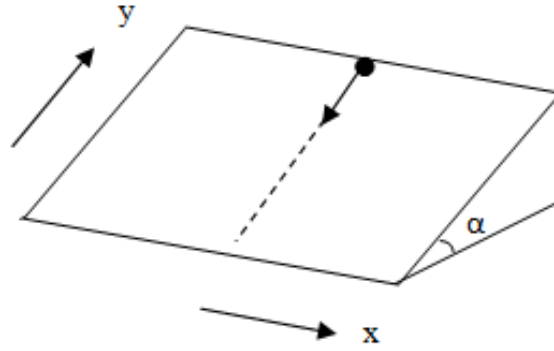
Birbirini izleyen iki nokta arasındaki geçen zaman; $t = \frac{1}{\text{frekans}}$

HESAPLAMALAR

1. Δx ve Δt değerlerini aşağıdaki tabloya kaydediniz.

	$\Delta x_i(\text{cm})$	$\Delta t_i(\text{s})$
1		
2		
3		
4		
5		

2. Eğik düzlem haline getirdiğimiz hava masasında gerçekleştirdiğimiz sabit ivmeli harekette kullanılan formüllerde yerçekimi ivmesi “ g ” yerine “ $g \sin \alpha$ ” ifadesi kullanın.



3. Bu harekete ait olan teorik ivme değerini

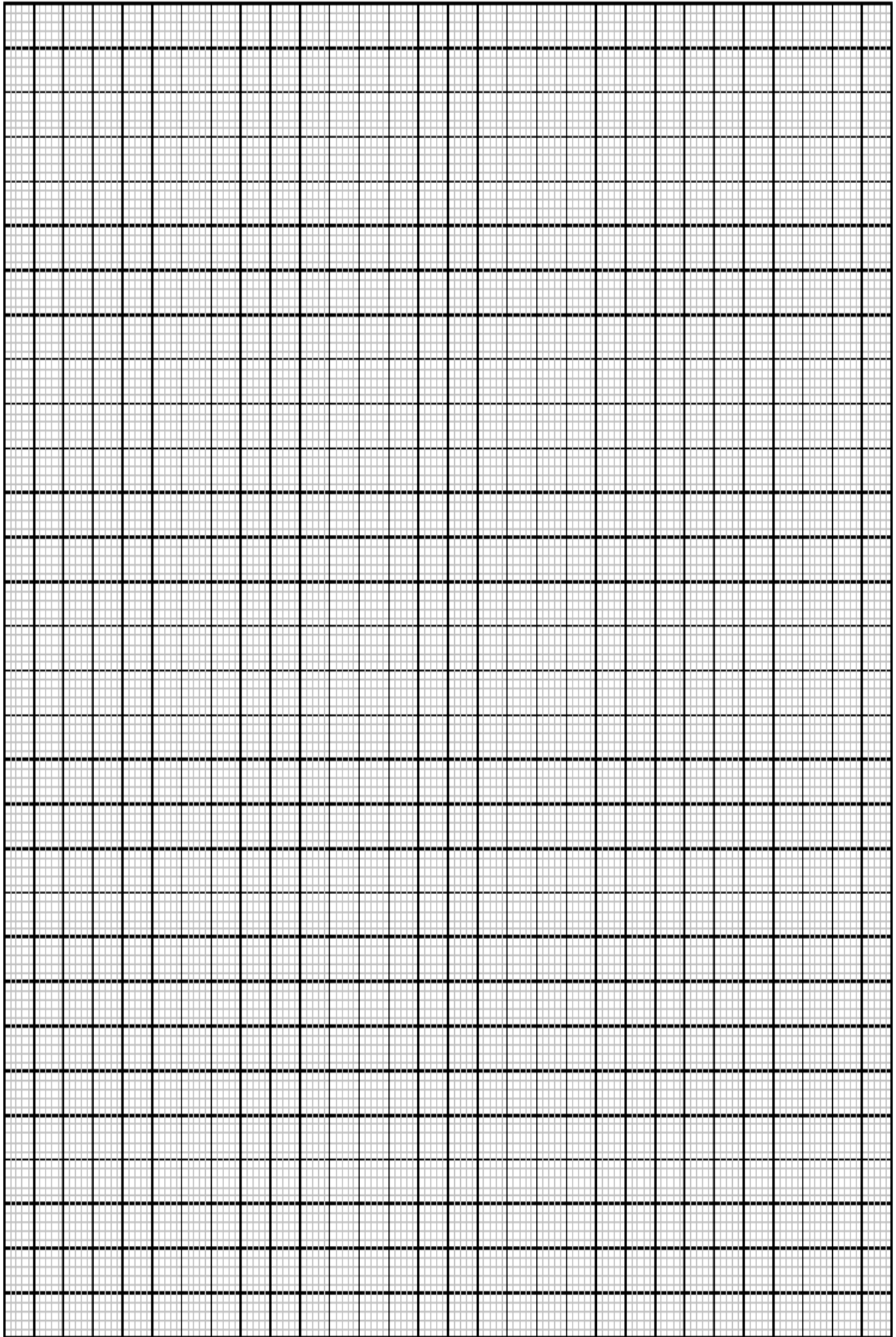
$$a_T = g \sin \theta$$

ifadesini kullanarak elde edin.

4. Yukarıdaki tabloya göre $x-t^2$ grafiğini çiziniz. Eşitlik (1.2)’ de $x_i = 0$ ve $v_{ix} = 0$ değerleri alınırsa, yer değiştirme ifadesi aşağıdaki şekli alır:

$$x_s = \frac{1}{2} a_x t^2$$

Bu eşitlikte a_x yalnız bırakılırsa $a_x = 2x/t^2$ ifadesini verir ki bu değer çizilen $x-t^2$ grafiğinin eğimidir. Bulunan bu ivme değeri deneysel ivme değeridir.



5. Elde etmiş olduğunuz teorik ve deneysel ivme değerleri için hata hesabını;

$$\% \textit{Hata} = \frac{(\textit{Teorik} - \textit{Deneysel})}{\textit{Teorik}} \times 100$$

eşitliğini kullanarak yapın.

YORUM

1.2. DÜZGÜN DOĞRUSAL HAREKET

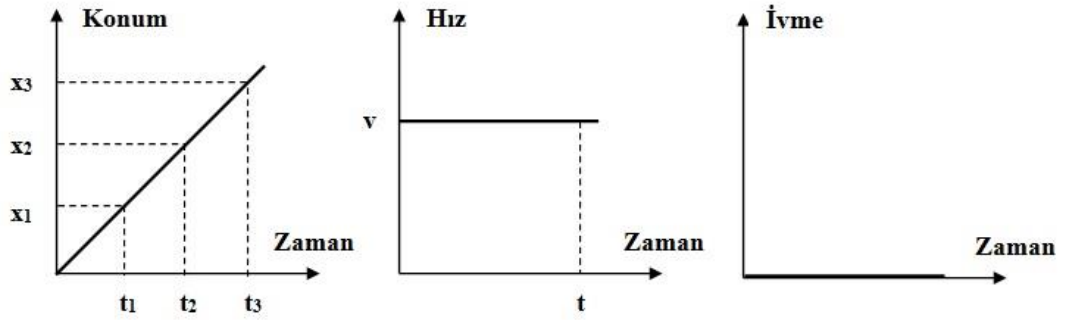
TEORİK BİLGİ

Bir doğru boyunca sabit hızla giden cismin hareketine **düzgün doğrusal hareket** denir. Hız sabit ise ivme sıfırdır. Yukarıdaki eşitliklerde $a=0$ alırsak, düzgün doğrusal hareket formülü elde edilmiş olur:

$$x = x_0 + v_0 t \quad (1.12)$$

Eğer, cismin son konumunu değil de aldığı yolu bilmek istersek bu formülü $s = x - x_0$ alınan s yol cinsinden şöyle yazabiliriz:

$$s = x - x_0 = vt \quad (1.13)$$

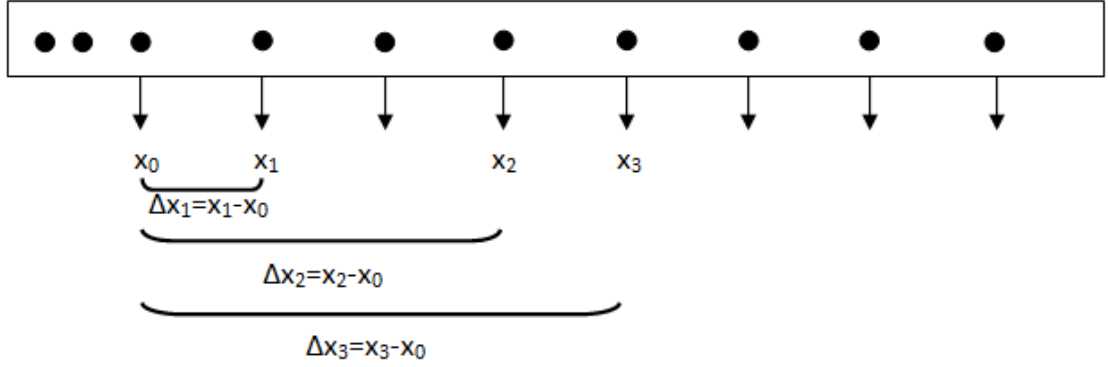


Şekil 1.4: Düzgün hızlanan harekette diskin konum, hız ve ivmesinin zamana göre değişim grafiği

DENEYİN YAPILIŞI

- ✓ Hava masasını yatay konuma getirin.
- ✓ Hava masasının üzerine karbon kağıdını ve ölçüm alacağınız kağıdı yerleştirin.
- ✓ Disklerden birini ölçüm almak üzere masanın bir kenarına, diğerini ise ölçümü engellemeyecek ve plastik sabitleyiciler ile hareket etmeyecek şekilde cam yüzey üzerine yerleştirin.
- ✓ Kompresörü çalıştırın.
- ✓ Kıvılcım zamanlayıcısını açın ve uygun frekans değerine ayarlayın (40,60 veya 80 Hz).
- ✓ Diski iterek harekete başlatın, aynı anda kıvılcım ateşleyicisine basın ve hareketin sonuna kadar basılı tutun.
- ✓ Ölçüm sonucunu görmek için kompresörü ve kıvılcım ateşleyicisini kapatın.
- ✓ Disklerin altından kağıdı çekerek kağıt üzerindeki noktaları gözlemleyin.

- ✓ Aldığınız ölçümlerden emin olduktan sonra laboratuvar görevlisine onaylatın.
- ✓ Noktalar başlangıç noktasında çok sık ise belirtilen zaman ve konum noktasını bir sonraki noktadan alın ve bu noktayı referans noktası kabul edin.
- ✓ Referans noktasından itibaren birkaç nokta seçerek noktalar arasındaki mesafeyi ölçün.



HESAPLAMALAR

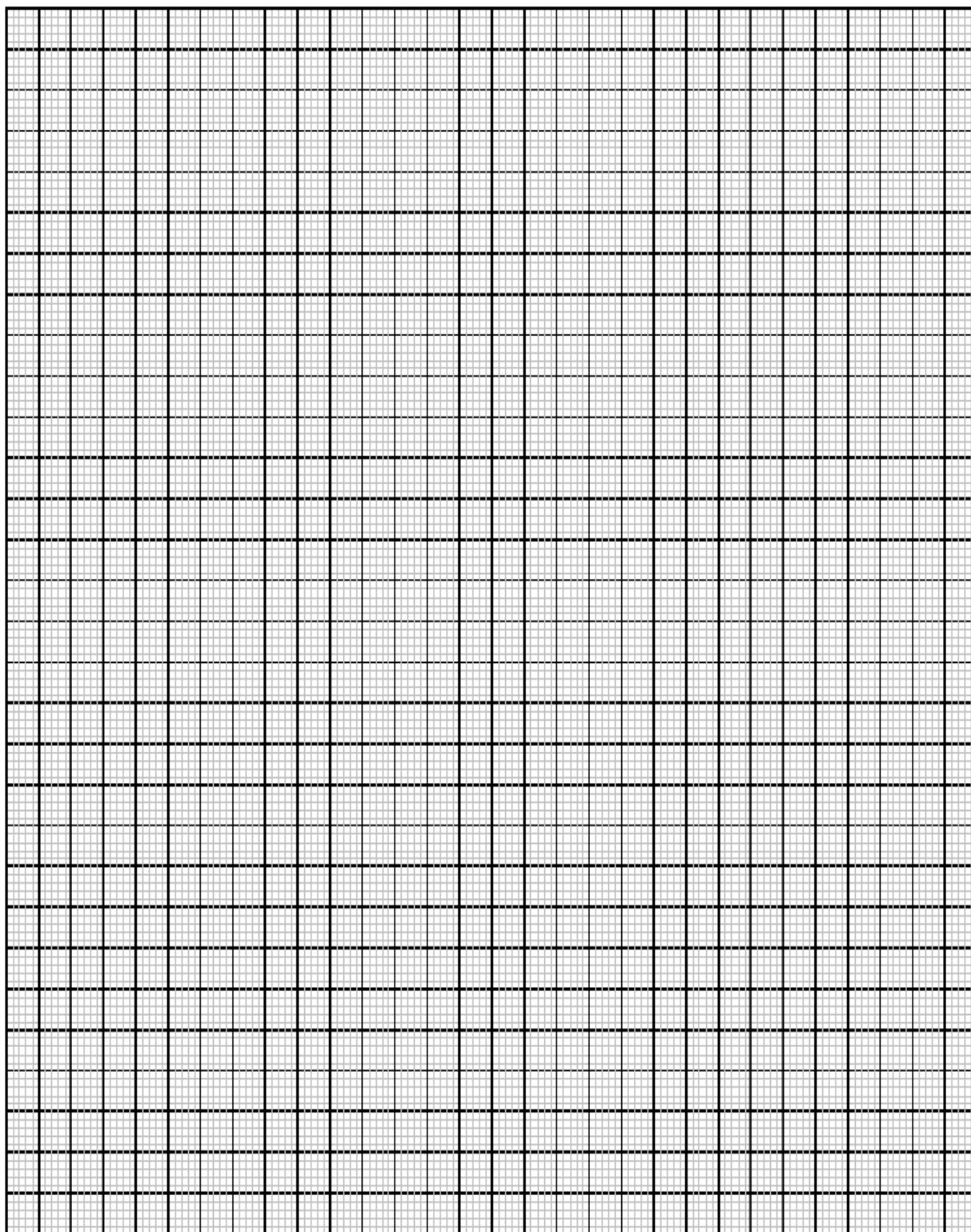
1. Δx ve Δt değerlerini aşağıdaki tabloya kaydediniz.

	$\Delta x_i(\text{cm})$	$\Delta t_i(\text{s})$
1		
2		
3		
4		
5		

1. Yukarıdaki tabloya göre $x-t$ grafiğini çiziniz. Eşitlik (1.12)' de $x_i = 0$ değeri alınır, yer değiştirme ifadesi aşağıdaki şekli alır:

$$x = v_0 t$$

Bu eşitlikte v_0 yalnız bırakılırsa $v_0 = x/t$ ifadesini verir ki bu değer çizilen $x-t$ grafiğinin eğimidir. Bulunan bu hız değeri deneysel hız değeridir.



2. Bu harekete ait olan teorik hız değerini

$$x = v_0 t$$

ifadesini kullanarak elde edin.

4. Elde etmiş olduğunuz teorik ve deneysel ivme değerleri için hata hesabını;

$$\% Hata = \frac{(Teorik - Deneysel)}{Teorik} \times 100$$

eşitliğini kullanarak yapın.

YORUM

SORULAR

1. Bir parçacığın hızı sıfır değilse, ivmesinin sıfır olduğu bir durum mümkün müdür? Açıklayınız.
2. Bir parçacığın hızı sıfır ise, ivmesi sıfırdan farklı olur mu? Açıklayınız.
3. 72 km/saat hızla giden bir otomobil frene basılarak yavaşlatılıyor ve 5 s içinde hızı 36 km/s ye düşürülüyor
 - a. Arabanın sabit ivmesi ne kadardır?
 - b. Bu süre içinde ne kadar yol alır?
 - c. Başlangıçtan itibaren, arabanın tamamen durması için geçen süre ne kadardır?

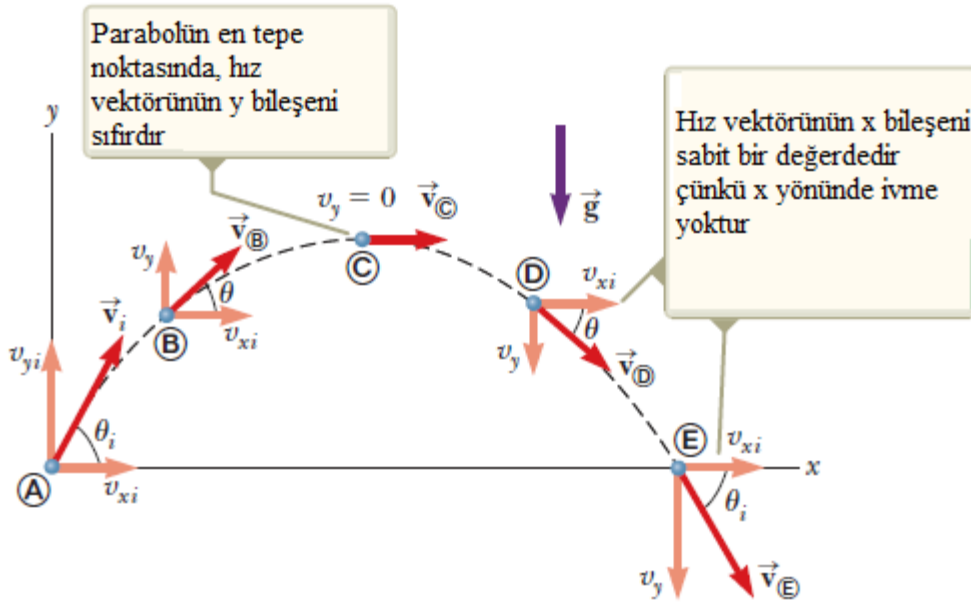
DENEY 2: EĞİK ATIŞ HAREKETİ

DENEYİN AMACI: Eğik düzlemde yatay atış hareketinin incelenmesi.

TEORİK BİLGİ

ATIŞ HAREKETİ

Cisim, bir eğri yol boyunca hareket eder ve şu iki kabul yapılırsa, bu hareket biçiminin analizini yapmak çok basitleşir. (1) g yerçekimi ivmesi hareket süresince sabit ve aşağıya doğru yöneliktir. (2) hava direncinin etkisi ihmal edilmektedir. Bu varsayımlarla, eğik olarak atılan bir cismin yolu diyeceğimiz eğrinin daima Şekil 2.1’de görüldüğü gibi bir parabol olduğunu bulacağız. Bu varsayımları bu deneyde kullanacağız.



Şekil 2.1: Orijini $\vec{v}_i$ hızıyla terkeden, eğik atılan bir cismin parabolik yolu. $\vec{v}$ hız vektörü zamanla hem büyüklük hem de doğrultuca değişmektedir. Bu değişme, negatif y doğrultusundaki ivme sonucudur.

Eğik atış yapan bir cismin konum vektörünün ifadesi $\vec{a} = \vec{g}$ alınarak şu şekilde yazılabilir;

$$\vec{r}_s = \vec{r}_i + \vec{v}_i t + \frac{1}{2} \vec{g} t^2 \quad (2.1)$$

Böylece, ilk hızın x ve y bileşenleri;

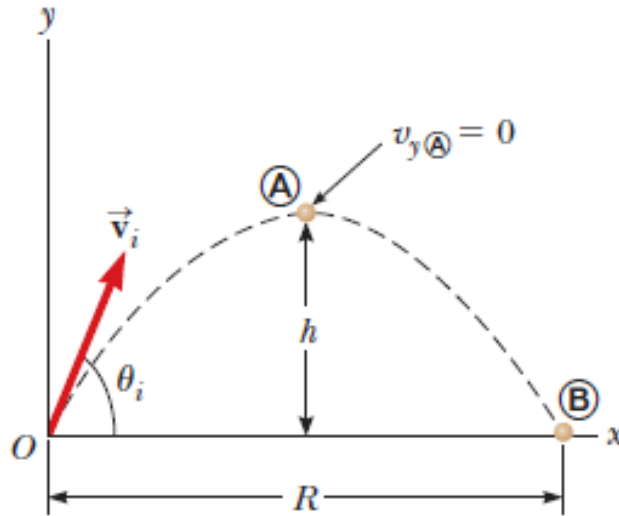
$$v_{xi} = v_i \cos \theta_i \quad v_{yi} = v_i \sin \theta_i \quad (2.2)$$

Hareket, ivme olmadığında yerdeğiştirmeyi veren $\vec{v}_i t$ terimiyle, yerçekimi ivmesinden kaynaklanan $\frac{1}{2} \vec{g} t^2$ teriminin toplamı şeklinde ifade edilir. Diğer bir ifadeyle, yerçekimi ivmesi olmasaydı, parçacık $\vec{v}_i$ yönünde doğru bir yol boyunca hareket etmeye devam edecekti. Yerçekimi ivmesinin olması halinde parçacığın y ekseninde aldığı yol, serbest düşen cismin aynı zaman zarfında alacağı $\frac{1}{2} \vec{g} t^2$ yoluna eşit olacaktır.

Sabit ivmeli iki-boyutta hareketin, x ve y-doğrultusunda bağımsız iki hareketin kombinasyonu olduğu söylenebilir: (1) yatay doğrultuda sabit hızla hareket (2) düşey doğrultuda serbest düşme hareketi. Eğik olarak atılan bir cismin yolunun parabol olduğunu göstermek için, y doğrultusu düşey ve yukarı yön pozitif olarak seçildiğinde, hava direnci ihmal edilirse, $a_y = -g$ olur. Uçuş zamanı t hariç, eğik atış hareketindeki düşey ve yatay bileşenler birbirinden bağımsızdırlar.

ATIŞTA CİSMİN MENZİLİ VE MAKSİMUM YÜKSEKLİĞİ

Cismin Şekil 2.2'deki gibi , pozitif $\vec{v}_{yi}$ bileşeniyle $t=0$ 'da orijinden atıldığını varsayalım.



Şekil 2.2: Bir $\vec{v}_i$ ilk hızıyla $t_i=0$ 'da orijinden, eğik atılan bir cisim. Cismin maksimum yüksekliği h ve menzili R 'dir. Cismin yolunun tepe noktasında, parçacığın koordinatları $(R/2, h)$ 'dır.

İncelenmesi gereken ilginç iki özellik vardır: $(R/2, h)$ koordinatlarına sahip A tepe ve $(R, 0)$ koordinatlarına sahip B noktaları. R uzaklığına eğik atılan cismin *menzili*, h uzunluğuna da *maksimum yüksekliği* denir. h ve R 'yi $\vec{v}_i$, θ_i ve g cinsinden bulmak istersek,

$$v_{yf} = v_{yi} + a_y t$$

$$0 = v_i \sin \theta_i - g t_A$$

$$t_A = \frac{v_i \sin \theta_i}{g} \quad (2.3)$$

t_A 'nın bu ifadesi 2.1 eşitliğinde yerine yazılırsa h, ilk hız vektörünün büyüklüğü ve doğrultusu cinsinden bulunur.

$$h = (v_i \sin \theta_i) \frac{v_i \sin \theta_i}{g} - \frac{1}{2} g \left(\frac{v_i \sin \theta_i}{g} \right)^2$$

$$h = \frac{v_i^2 \sin^2 \theta_i}{2g} \quad (2.4)$$

R menzili cismin tepe noktasına ulaşmak için geçen zamanın iki katında yani $t_B = 2t_A$ zamanı içinde alınan yatay uzaklıktır. Eşitlik 2.1'de $v_{xi} = v_{xB} = v_i \cos \theta_i$ olduğuna dikkat ederek ve $t = 2t_A$ da $x_B = R$ alarak,

$$R = v_{xi} t_B = (v_i \cos \theta_i) 2t_A$$

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

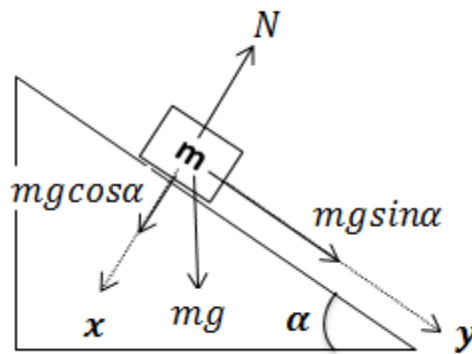
buluruz. $\sin 2\theta = 2 \sin \theta \cos \theta$ özdeşliğini kullanarak, R daha sade biçimde,

$$R = \frac{v_i^2 \sin 2\theta_i}{g} \quad (2.5)$$

yazılabilir.

EĞİK DÜZLEM

Sürtünmesiz eğim düzlemde bir blok üzerine uygulanan dış kuvvetler Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3: Sürtünmesiz eğik bir düzlemde bir blok üzerine uygulanan dış kuvvetler.

y yönünde hareket eden bloğa etki eden net kuvvet, Newton yasasına göre aşağıdaki gibidir.

$$\vec{F}_y = \sum m \vec{a}_y = mg \sin \alpha \hat{y}$$

Bu nedenle y yönünde hareket eden bloğun net ivmesi,

$$a_y = g \sin \alpha \quad (2.6)$$

ile verilir.

Atış hareketi eğik bir düzlem üzerinde yapıldığında (*eğik atış hareketi*), Eşitlik 2.1'den Eşitlik 2.5'e kadar olan formüllerde verilen g yer çekimi ivmesi yerine $g \sin \alpha$ alınmalıdır. Yani

$$t_A = \frac{v_i \sin \theta_i}{g \sin \alpha} \quad (2.7)$$

$$h = \frac{v_i^2 \sin^2 \theta_i}{2g \sin \alpha} \quad (2.8)$$

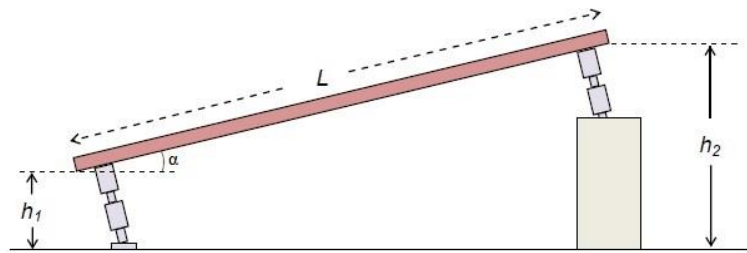
$$R = \frac{v_i^2 \sin 2\theta_i}{g \sin \alpha} \quad (2.9)$$

şeklini alır.

DENEYİN YAPILIŞI

- Veri alırken masanın metal kısmına kesinlikle dokunmayın.
- Ölçüm alırken disklerden ikisi de masa üzerinde değilken kıvılcım zamanlayıcıyı asla çalıştırmayın.
- Kıvılcım ateşleyicisini çalıştırdığınız anda masa üzerinde olması gereken disklerden birisi elinizde bulunmamalıdır.
- Aksi durumda **zararlı olmayan ama canınızı acıtan bir elektrik şoka maruz kalabilirsiniz.**

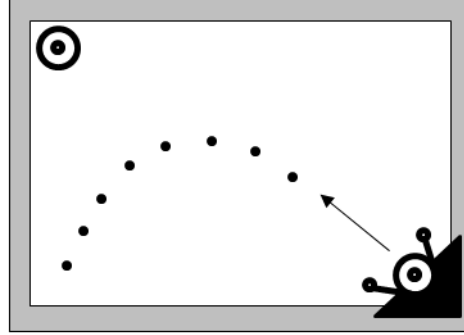
- ✓ Hava masasını Şekil 2.4'te gösterildiği şekilde tahta blok yardımıyla eğik hale getirin.



Şekil 2.4: Hava masasının eğik düzlem şeklinde gösterimi.

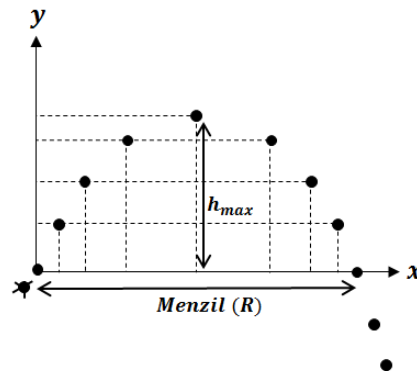
- ✓ Bu konumda hava masasının h_1 , h_2 ve L uzunluklarını ölçün. Sonuçları değerler tablosuna yazın.
- ✓ Hava masasına karbon kağıdını ve üzerine ölçüm alacağınız kağıdı yerleştirin.

- ✓ Disk fırlatıcısını masanın SAĞ ALT köşesine herhangi bir açı verecek şekilde sabitleyin. Fırlatıcının lastiğini ikinci konuma alın.
- ✓ Disklerden birini ölçüm almak üzere disk fırlatıcısına, diğerini ise ölçümü engellemeyecek ve plastik sabitleyiciler ile hareket etmeyecek şekilde masanın üst kenarına yerleştirin (Şekil 2.5).



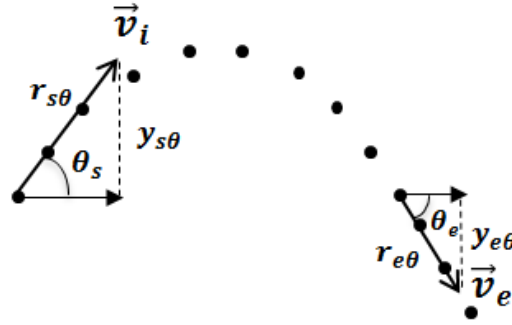
Şekil 2.5: Eğik atış yöntemi.

- ✓ Kompresörü çalıştırın ve atış hareketinde en iyi şekli elde edinceye kadar denemeler yapın.
- ✓ Kıvılcım zamanlayıcısını açın ve uygun frekans değerine ayarlayın (40,60 veya 80 Hz).
- ✓ Disk fırlatıcısını kullanarak harekete başladığınız anda kıvılcım ateşleyicisine basın ve hareketin sonuna kadar basılı tutun.
- ✓ Ölçüm sonucunu görmek için kompresörü ve kıvılcım ateşleyicisini kapatın.
- ✓ Aldığınız ölçümlerden emin olduktan sonra laboratuvar görevlisine onaylatın.
- ✓ Ölçüm kağıdında elde ettiğiniz izleri incelemek için Şekil 2.6'da gösterildiği gibi x ve y koordinatlarının izdüşümlerini çizin. Hareketin en başındaki nokta problemlili olabileceğinden, x ve y koordinatının köşesini hareketin başladığı noktadan sonraki noktanın üzerine yerleştirin. Hareketin h_{max} ve R değerlerini ölçerek tabloya yazın.



Şekil 2.6: İlk ve son hızların açılarının ölçülmesi.

- ✓ Noktaları sayarak t ve t_A uçuş süresini belirleyin. Ardışık noktalar arasında $t = \frac{1}{\text{kıvılcım frekansı}}$ kadarlık zaman bulunmaktadır.
- ✓ Harekete başlangıç (θ_s) ve yere çarpma (θ_e) sırasındaki açıları belirlemek için Şekil 2.7’de görülen ($r_{s\theta}, y_{s\theta}, r_{e\theta}, y_{e\theta}$) uzunluklarını ölçün. Uzunlukları ölçebilmek için düz çizgi halini bozmayacak kadar nokta kullanın. Hassasiyeti arttırmak için $r_{s\theta}, r_{e\theta}$ boylarını uzatın.



Şekil 2.7: Eğik atış açılarının ölçülmesi.

HESAPLAMALAR

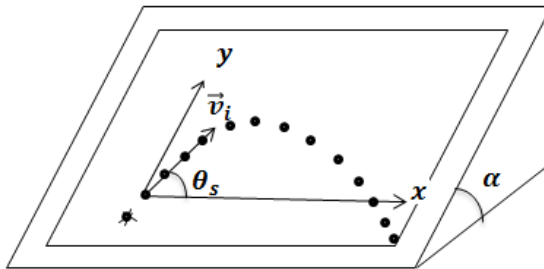
1. Harekete başlangıç (θ_s) ve yere çarpma (θ_e) açılarını aşağıdaki eşitlik yardımı ile bulun.

$$\sin\theta = \frac{y_{\theta}}{r_{\theta}} \quad (2.10)$$

2. Hava masasının eğim açısını aşağıdaki eşitlik yardımı ile bulun.

$$\sin\alpha = \frac{h_2 - h_1}{L} \quad (2.11)$$

3. Atış hareketini, eğik düzlem haline getirdiğimiz hava masasında gerçekleştirdiğimiz için, eğik atış hareketinde kullanılan formüllerde yerçekimi ivmesi “ g ” yerine “ $g\sin\alpha$ ” ifadesi kullanılır.



Şekil 2.7: Ölçüm kağıdındaki temsili eğik atış hareketi.

4. Diskin x eksenini boyunca eşit zaman aralıklarında kat ettiği yol uzunluklarının ortalamasını alın.
5. Disk yatayda düzgün doğrusal hareket yaptığı için, aşağıda gösterildiği gibi disk ilk hızının x bileşeni v_{xi} 'i hesaplayın.

$$v_{xi} = \frac{\bar{x}}{t} \quad (2.11)$$

Burada t ; disk hareketi boyunca ölçüm kağıdına bıraktığı izlerin sayısı N ile $\frac{1}{\text{kıvılcım frekansı}}$ 'ın çarpımıdır. Bu bize deneysel olarak hesaplanan uçuş süresini vermektedir.

6. Diskin ilk hızını $v_{si} = \frac{v_{xi}}{\sin \theta_s} = \frac{v_{xi} r_{s\theta}}{y_{s\theta}}$ denklemini kullanarak deneysel olarak hesaplayın. Aynı formül ile son hızı v_{ei} 'da hesaplayın.
7. θ_s ve θ_e değerleri birbirinden farklı olabilir mi? Sonuçları ve nedenlerini yorumlayınız.
8. Diskin maksimum yüksekliğe çıkması için geçen sürenin deneysel hesabı, yukarıda sayılan N değerini kullanarak:

$$t_A = \frac{N}{2f} \quad (2.12)$$

9. Maksimum yüksekliğe çıkış süresinin teorik değerini Denklem (2.7) 'i kullanarak hesaplayın.
10. Diskin menzile ulaşma süresini $t = 2t_A$ formülünden deneysel olarak hesaplayın.
11. Diskin, ölçüm kağıdında bıraktığı izlerin yatay izdüşümlerini cetvel yardımıyla ölçerek menzilin deneysel değeri $R_{Deneysel}$ 'i elde edin. Menzilin teorik değerini Denklem (2.9)'i kullanarak hesaplayın.
12. Diskin çıkabildiği maksimum yüksekliğin deneysel değerini, disk ölçüm kağıdında bıraktığı izlerin düşey izdüşümlerini cetvelle ölçerek bulun. Maksimum yüksekliğin teorik değerini Denklem (2.8)'i kullanarak hesaplayın.
13. Elde etmiş olduğunuz teorik ve deneysel değerleri aşağıdaki tabloya yazınız ve her bir fiziksel nicelik için hata hesabını;

$$\% \text{ Hata} = \frac{(\text{Teorik} - \text{Deneysel})}{\text{Teorik}} \times 100 \quad (2.14)$$

eşitliğini kullanarak yapın.

DEĞERLER TABLOSU

	<i>Ölçülen Değer</i>
Frekans (f) (Hz)	
h_1 (cm)	
h_2 (cm)	
L (cm)	
$r_{s\theta}$ (cm)	
$y_{s\theta}$ (cm)	
$r_{e\theta}$ (cm)	
$y_{e\theta}$ (cm)	
Max. Yüksekliğe çıkış süresi (t_A) (s)	
Uçuş süresi t(s)	
Menzil (R) (cm)	
Maksimum yükseklik ($h_{\max}$) (cm)	

SONUÇ TABLOSU

	<i>Deneysel</i>	<i>Teorik</i>	<i>% Hata</i>
θ_s (°)			
θ_e (°)			
α (°)			
v_{si} (cm/s)			
v_{ei} (cm/s)			
Max. Yüksekliğe çıkış süresi (t_A) (s)			
Uçuş süresi t(s)			
Menzil (R) (cm)			
Maksimum yükseklik ($h_{\max}$) (cm)			

YORUM

--

SORULAR

1. Eğik olarak atılan bir cisim, parabolik yolu boyunca giderken eğer varsa, şu niceliklerin hangisi sabit kalır?
 - a. Hızının büyüklüğü,
 - b. İvme,
 - c. Hızının yatay bileşeni,
 - d. Hızının düşey bileşeni.
2. Bir futbolcunun vurduğu top 30 m/s ilk hızla ve yatayla 37° açı altında yükseliyor.
 - a. Topun hareket denklemlerini yazınız.
 - b. $t=1s$ anında topun konum ve hız bileşenleri ne olur?
 - c. Maksimum yüksekliğe kaç saniyede çıkar?
 - d. Topun maksimum yüksekliği ne kadardır?
 - e. Top ne kadar uzağa düşer?
3. Bir top 33m yükseklikte bir binanın çatısından, yatayla 53° açı altında 5 m/s hızla atılıyor. Yerde, binanın kapısında beklemekte olan bir çocuk topla aynı anda ve aynı yönde, sabit a ivmesi ile koşmaya başlıyor.
 - a. Bir koordinat sistemi seçip topun ve çocuğun hareket denklemlerini yazınız.
 - b. Topun yere düşüncüye kadar uçuş süresi ne olur?
 - c. Top binadan ne kadar uzağa düşer?
 - d. Çocuğun ivmesi ne olmalıdır ki top yere düşmeden onu tutabilsin?

DENEY 3 : DİNAMİK

DENEYİN AMACI: Newton'un ikinci yasasını ($\sum \vec{F} = m\vec{a}$) incelemek, kuvvet ile ivme ve kütle ile ivme arasındaki ilişkileri belirlemek.

TEORİK BİLGİ

NEWTON YASALARI

Maddenin durgun halini onun doğal hali olarak düşünen diğer bilim adamlarına karşı, tarihte ilk kez Galileo, sürtünmesiz yüzeylerde hareket eden cisimlerle ilgili bir düşünce deneyi gerçekleştirerek, *"hareket halindeki cismin durması, onun doğal hali olmadığını, hiç durmadan yola devam etmesi gerektiğini"* söylemiştir. Ayrıca, cisimler hareket halindeyken durmaya ve hızlanmaya direnmeye (eylemsizlik) doğal olarak sahip olduğu sonucuna varmıştır.

Bu yaklaşım daha sonra Newton tarafından formülleştirilerek, kendi adıyla anılan Newton'un birinci hareket yasası olarak tanınmış ve aşağıdaki gibi ifade edilmiştir.

"Bir cisme bir dış kuvvet (bileşke kuvvet) etki etmedikçe, cisim durgun ise durgun kalacak, hareketli ise sabit hızla hareketine doğrusal olarak devam edecektir."

Daha basit bir ifade ile, bir cisme etki eden net kuvvet sıfır ise ivmesi de sıfırdır.

$$\sum \vec{F} = 0 \Rightarrow \vec{a} = 0 \quad (3.1)$$

Bir cismin ivmesi, onun kütesine ve üzerine etki eden kuvvete bağlıdır. Etki eden kuvvet arttıkça ivme de artar. Kütle arttıkça ivme azalır. Buna da Newton'un ikinci yasası denir.

"Bir cismin ivmesi, ona etki eden net kuvvetle doğru orantılı, kütlesi ile ters orantılıdır."

$$\sum \vec{F} = m\vec{a} \quad (3.2)$$

(3.2) denklemi, $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$ şeklinde yazıldığında cismin ivmesinin, kendine etkiyen toplam kuvvetle doğru orantılı olduğu görülür. Verilen bir kuvvetin neden olduğu ivmenin büyüklüğü, kütle ile ters orantılıdır.

Dikkat edilirse birinci yasa, ikinci yasanın özel bir halidir. Cismin üzerindeki net kuvvet sıfır ise ivme de sıfırdır. Bu durum denge hali olarak adlandırılır ve cismin hareketsiz kalması ya da sabit hızla hareket etmesi sonucunu doğurur. Parçacık dinamiğinde, net kuvvetin sıfır olduğu sistemlere *statik sistemler* adı verilir. (3.2) denklemi, kuvvetin vektörel bir nicelik olduğunu bize söyler. Bu vektör denklemi m kütlesi için toplam kuvvetin $(\vec{F}_x, \vec{F}_y, \vec{F}_z)$ x, y, z bileşenleri ve ivmenin $(\vec{a}_x, \vec{a}_y, \vec{a}_z)$ x, y, z bileşenleri cinsinden üç vektörel denklem olarak şöyle yazılır;

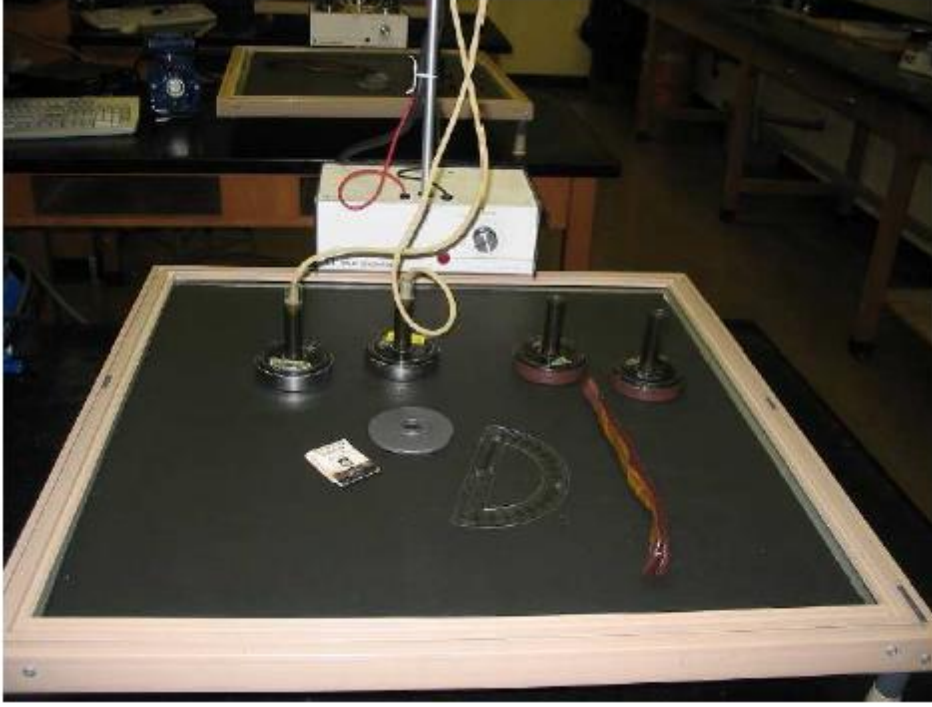
$$\sum \vec{F}_x = m\vec{a}_x, \quad \sum \vec{F}_y = m\vec{a}_y, \quad \sum \vec{F}_z = m\vec{a}_z \quad (3.3)$$

(3.3) denklemleri, Newton'un ikinci hareket kanunun evrensel tanımıdır.

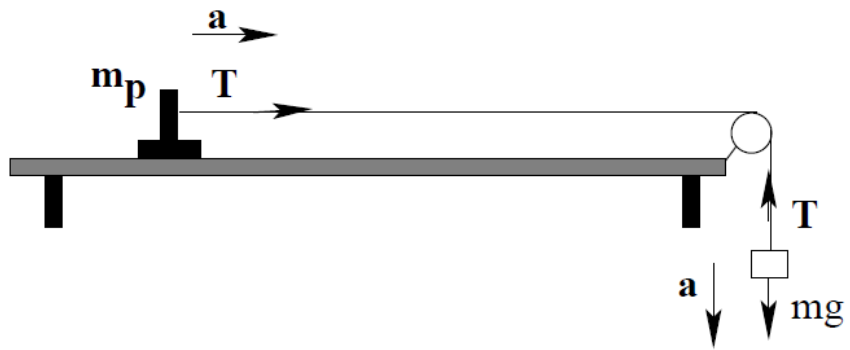
SI birim sisteminde kuvvet birimi, 'Newton'dur. *Newton* birimi, kısaca N sembolü ile gösterilir. $1 N$, $1 kg$ kütleli bir cismi $1 m/s^2$ lik ivme ile hareket ettirebilen kuvvet olarak tanımlanır. Buna göre, $1N \equiv 1 kg m / s^2$ 'dir.

Bir cismin üzerine etki eden net kuvvet, o cismin hızının değişmesine ve ivme kazanmasına neden olur. Cismin kazandığı ivme, kütlesi ile ters orantılıdır. Bu nedenle aynı büyüklükte bir kuvvete maruz kalan iki farklı cisimden kütlesi küçük olan her zaman daha büyük bir ivme ile hızlanacaktır.

Newton tarafından ortaya konulan üçüncü hareket yasası ise *etki-tepki* prensibi olarak adlandırılır. Buna göre, kuvvete maruz kalan bir cisim, kendisine kuvvet uygulayan ikinci cisme, kontak noktasında (veya kontak yüzeyinde) maruz kaldığı kuvvete eş ve onunla zıt yönlü bir tepki kuvveti uygular. Tepki kuvveti genellikle $\vec{N}$ harfi ile gösterilir. Bu nedenle $\vec{F} = -\vec{N}$ ifadesi her zaman geçerlidir.



Şekil 3.1. Deneyde kullanılan hava masası ve aparatları.



Şekil 3.2 Deney düzeneği

DENEYİN YAPILIŞI

- Veri alırken masanın metal kısmına kesinlikle dokunmayın.
 - Ölçüm alırken disklerden ikisi de masa üzerinde değilken kıvılcım zamanlayıcıyı asla çalıştırmayın.
 - Kıvılcım ateşleyicisini çalıştırdığınız anda masa üzerinde olması gereken disklerden birisi elinizde bulunmamalıdır.
- Aksi durumda **sok güvenliği konusunda garanti verilmemektedir.**

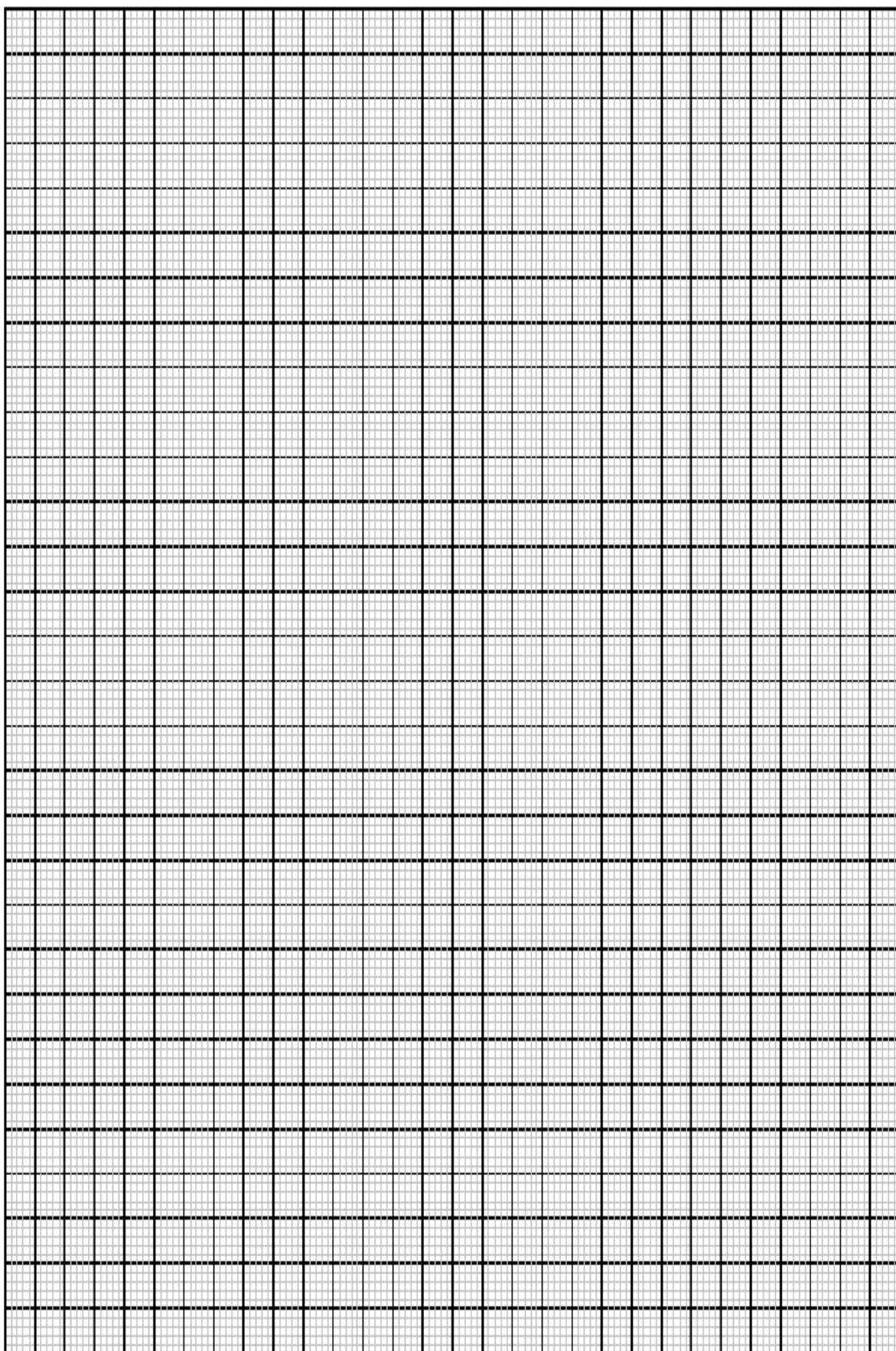
- ✓ Şekil 3.2 deki düzeneği kurunuz.
- ✓ Hava masasının üzerine karbon kâğıdını ve ölçüm alacağınız kâğıdı yerleştirin.
- ✓ Disklerden birini ölçüm almak üzere masanın üst kenarına, diğerini ise ölçümü engellemeyecek şekilde masanın alt kenarına kâğıdı kıvrarak yerleştirin.
- ✓ Kompresör çalıştırılmadan önce, diğer diskin hareketsiz kalmasını sağlayın.
- ✓ Kompresörü çalıştırın.
- ✓ Kıvılcım zamanlayıcısını istenilen zaman ayarına getirdikten sonra açın.
- ✓ Yukarıda tutulan disk bırakılıp yerçekimi etkisiyle harekete başladığı anda, kıvılcım ateşleyicisine basın ve hareketin sonuna kadar basılı tutun.
- ✓ Ölçüm sonucunu görmek için kompresörü ve kıvılcım ateşleyicisini kapatın.
- ✓ Disklerin altından kâğıdı çekerek alınan ölçümdenyol ve zamanı olarak, aşağıdaki formülde ivmeyi hesaplayınız.

$$x = \frac{1}{2}at^2 \quad (3.4)$$

- ✓ Bulunan ivmeyi aşağıdaki formülde yerine yazarak, yerçekimi ivmesini hesaplayınız.

$$a = \frac{m}{m_p+m}g \quad (3.5)$$

- ✓ Yerçekimi ivmesinin standart değeri ($g = 9.80 \text{ m/s}^2$) ile sizin bulduğunuz değer arasındaki yüzdelik hatayı hesaplayınız.



YORUM

SORULAR

1. Kuvvet birimi *Newton*'u *CGS* birim sisteminde ifade ediniz.
2. (3.5) ifadesinin nasıl bulunduğunu gösteriniz.
3. Bir cisim durgun halde ise üzerine etki eden dış kuvvetlerin olmadığını söyleyebilir misiniz? Açıklayınız.
4. Ağırlık ve kütle kavramlarını tanımlayınız. Bu iki nicelik arasında nasıl bir ilişki vardır. Açıklayınız.

DENEY 4: ÇARPIŞMALAR VE LİNEER MOMENTUMUN KORUNUMU

DENEYİN AMACI : İzole edilmiş bir sistemde esnek çarpışma için, lineer momentum ve kinetik enerji korunumunu incelemek.

ESNEK ÇARPIŞMA

TEORİK BİLGİ

Bir nesnenin lineer momentumu $\vec{P}$; kütlelerinin ve hızının çarpımı şeklinde tanımlanır.

$$\vec{P} = m \vec{v} \quad (4.1)$$

Burada lineer momentumdan kısaca momentum olarak bahsedeceğiz. Bununla birlikte sadece net bir dış kuvvet $F_{dış}$ uygulandığı zaman nesnenin hızının değiştiğini biliyoruz ve bu da momentumun değişeceği anlamına gelir. Bu gerçek, Newton'un ikinci yasasından görülebilir. Newton'un ikinci yasasına göre sabit kütleli bir cisim için;

$$\vec{F}_{dış} = m \vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (4.2)$$

şeklinde yazılır. Burada m sabit olduğunda bu denklem açıkça;

$$\vec{F}_{dış} = \frac{d(m \vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{P}}{dt} \quad (4.3)$$

ifadesi elde edilir. Yukarıdaki denklemden eğer bir nesnenin üzerine etki eden net kuvvet yoksa bu nesnenin momentumu korunuyor anlamı çıkarılabilir. Yani momentumu zamanla değişmez. Eğer $F_{dış} = 0$ olursa; o zaman,

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = 0 \quad (4.4)$$

ve

$$\vec{P} \equiv \text{sabit} \quad (4.5)$$

olacaktır. Burada sabit denilirken, momentumun zamanla değişmediği kastedilmektedir. Bu durum, çok parçacıklı sistemler için de geçerlidir. $m_1, m_2, \dots, m_N$ kütlelerden ibaret olan N parçacıklı bir sistem için yukarıdaki sonuç genelleştirilebilir. Parçacıkların oluşturduğu böyle bir sistemin herhangi bir andaki toplam momentumu şöyle yazılır:

$$\vec{P}_{top} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \dots + \vec{P}_N \quad (4.6)$$

Burada

$$\vec{P}_1 = m_1 \vec{v}_1, \vec{P}_2 = m_2 \vec{v}_2, \dots, \vec{P}_N = m_N \vec{v}_N \quad (4.7)$$

dir. Denklem (4.6)'daki toplama **vektörel** bir toplama işlemidir. Bu durumda denklem (4.3) genelleştirilirse;

$$\vec{F}_{dış} = \frac{d\vec{p}_{top}}{dt} = \frac{d}{dt} (\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \dots + \vec{P}_N) \quad (4.8)$$

olur. Burada $\vec{F}_{dış}$, parçacıkların oluşturduğu sistemdeki net dış kuvveti ifade eder. Yani sistem dahil olan parçacıkların birbirlerine uyguladıkları kuvvetten ayrı olarak sistem üzerine dışardan uygulanan bir etkiyi ifade eder. Bu dış kuvvetler örneğin sürtünme veya yerçekimi kuvveti olabilir. Bununla birlikte, çok parçacıklı böyle bir sisteme dışarıdan hiç bir kuvvet etki etmiyorsa, sistemin toplam momentumunun da korunması yani sabit kalması beklenir. Bu durumda;

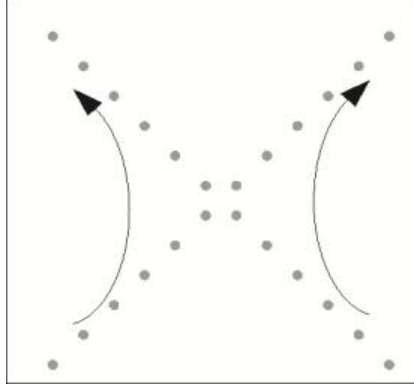
$$\frac{d\vec{p}_{top}}{dt} = \frac{d}{dt} (\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \dots + \vec{P}_N) = 0 \quad (4.9)$$

$$\vec{p}_{top} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \dots + \vec{P}_N = \text{sabit} \quad (4.10)$$

yazmak mümkündür. Yukarıdaki toplama işleminin vektörel bir toplam olduğu unutulmamalıdır.

Bu deneyde yatay konumdaki hava masasında hareket eden iki diskli sistemde momentumun korunumu araştırılacaktır. Yatay konumda olan ve yüzey sürtünmesi ihmal edilebilen bir hava masası üzerine yerleştirilen diskler için bu disklerin yatay hareketine etki eden hiçbir dış kuvvet mevcut değildir. (Disklerin ağırlıkları düşey doğrultuda olduğu için yatay düzlemde gerçekleşen hareket esnasında dikkate alınmazlar.) Bu durumda disklerin toplam momentumu korunmuş olur.

Bu deneyde hava masası üzerinde disklerin çarpışmaları sağlanarak, çarpışmadan önceki ve sonraki toplam momentumları ölçülecektir. Veri kağıdında elde edilen noktaların kağıt üzerindeki dağılımının kabaca bir gösterimi aşağıda, Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Yatay konumdaki hava masasında esnek çarpışma yapan iki diskin veri noktaları

İki diskin çarpışmadan önceki hızları $\vec{v}_A$ ve $\vec{v}_B$, çarpışmadan sonraki hızları ise $\vec{v}'_A$ ve $\vec{v}'_B$ olsun. Sistem izole edildiğinden, toplam momentum korunmuştur ve herhangi bir an için;

$$\vec{p}_{top} = \text{sabit} \quad (4.11)$$

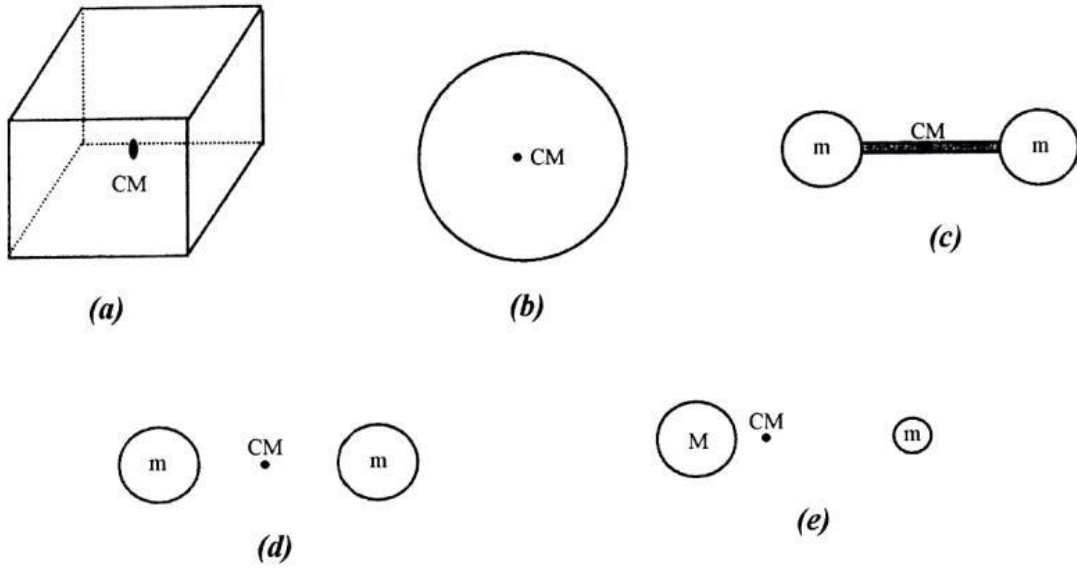
$$\vec{P}_A + \vec{P}_B = \vec{P}'_A + \vec{P}'_B \quad (4.12)$$

olarak yazılabilir. Burada $\vec{P}_A = m_A \vec{v}_A$, $\vec{P}_B = m_B \vec{v}_B$ olur. Disklerin kütleleri özdeş olduğuna göre yukarıdaki bağıntı kolayca aşağıdaki şekle dönüştürülebilir.

$$\vec{v}_A + \vec{v}_B = \vec{v}'_A + \vec{v}'_B \quad (4.13)$$

Denklem (4.13) deki vektörel toplamı geometrik olarak bulmanın yöntemi bir sonraki "Deneyin Yapılışı" bölümünde açıklanmıştır.

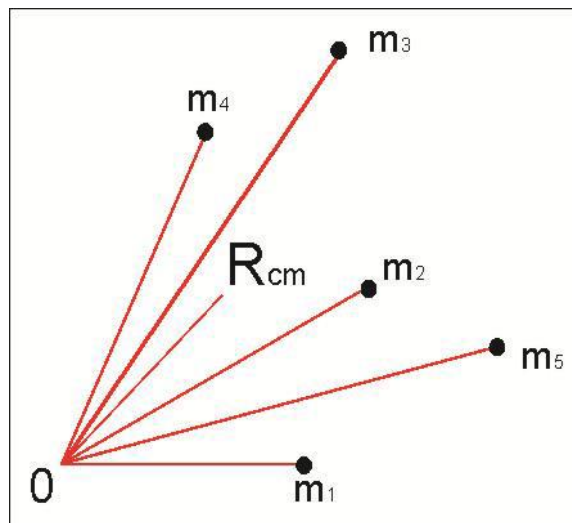
Bu deneyde araştırılacak bir başka kavram da kütle merkezi (CM) kavramıdır. Türdeş bir küp (Şekil 4.2a) veya bir kürenin (Şekil 4.2b) CM'sinin geometrik merkezlerinde olabileceğini tahmin edebilirsiniz. Bunun yanısıra, Şekil 4.2c'de gösterilen tokmakçığın da CM'sinin iki küreyi birleştiren çubuğun tam orta noktası olacağı kolayca tahmin edilebilir.



Şekil 4.2 : Bazı simetrik türdeş nesnelerin kütle merkezi

Farklı şekillerdeki kütle dağılımları için CM yeniden tanımlanmalıdır. Konum vektörleri $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_N$ olan $m_1, m_2, \dots, m_N$ kütlelerine sahip N parçacıklı bir sistemin $\vec{R}$ konum vektörünün Şekil 4.2 de gösterilen konum vektörü aşağıdaki şekilde tanımlanır.

$$\vec{R} = \frac{m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + \dots + m_N\vec{r}_N}{m_1 + m_2 + \dots + m_N} \quad (4.14)$$



Şekil 4.3 : Kütle dağılımları için R'nin kütle merkezi

Zamanla parçacıkların pozisyonunu değiştirirse, CM'nin de pozisyonu değişir ve CM'nin konumunun zamana göre türevi, CM'nin hızı olarak düşünülebilir.

$$\vec{V}_{CM} = \frac{d\vec{R}}{dt} \quad (4.15)$$

Sabit kütleli parçacıklar için, Denklem (4.15) eşitliğinin her iki tarafının türevini aldığımızda;

$$\vec{R} = \frac{m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + \dots + m_N\vec{r}_N}{m_1 + m_2 + \dots + m_N} \quad (4.16)$$

$$\vec{V}_{CM} = \frac{m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 + \dots + m_N\vec{v}_N}{m_1 + m_2 + \dots + m_N} \quad (4.17)$$

ifadelerini elde ederiz. Denklem (4.16) daki noktalar türev anlamına gelir. Yani $\vec{r}_N = \frac{dr_N}{dt}$ yerine kullanılmıştır. Yukarıdaki oluşan ifade, deney setimizdeki iki diskli sisteme uygulandığında;

$$\vec{R} = \frac{m\vec{r}_A + m\vec{r}_B}{m+m} \quad (4.18)$$

$$\vec{R} = \frac{\vec{r}_A + \vec{r}_B}{2} \quad (4.19)$$

ifadelerini verir. Burada disklerin kütleleri eşit olduğu için kütleler, aynı ifadedeki pay ve paydadan basitçe kaldırılabilir. Bu durumda Eşitlik (4.20) elde edilmiş olur. CM'nin hızı ise yine aynı şekilde;

$$\vec{V}_{CM} = \frac{\vec{v}_A + \vec{v}_B}{2} \quad (4.20)$$

olacaktır. Yukarıdaki denklemden önemli bir takım çıkarımlarda bulunabiliriz. İlk olarak momentum korunurken, yatay konumdaki hava masasında iki diskli sistemde CM'nin konumundaki değişimin bu koşullarda zamanla sabit olduğu anlaşılır. Diğer bir deyişle, CM sabit hızla hareket eder. Böylece toplam momentumun korunduğu izole edilmiş bir sistem için sistemin CM'si daima sabit hızla doğrusal hareket edecektir diyebiliriz. Ayrıca bu durumda CM'nin hızı, her iki cismin hızların toplamının yarısına eşittir. Bu nedenle çarpışmadan önce ve sonra, iki diskli sistemimizde kütle merkezinin hızı aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\vec{V}_{CM} = \vec{V}_{CM}' \quad (4.21)$$

$$\vec{V}_{CM} = \frac{\vec{v}_A + \vec{v}_B}{2} = \vec{V}_{CM}' = \frac{\vec{v}_A' + \vec{v}_B'}{2} \quad (4.22)$$

Bu deneyde, çarpışma için disklerin kinetik enerji korunumlarını da araştıracağız. m kütleli ve v doğrusal hızıyla ilerleyen bir nesnenin kinetik enerjisi;

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad (4.23)$$

şeklindedir. Bu nedenle esnek çarpışmadan önceki iki diskli sistemin toplam kinetik enerjisi;

$$K = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}mv_B^2 \quad (4.24)$$

ve çarpışmadan sonraki ise;

$$K' = \frac{1}{2}mv_A'^2 + \frac{1}{2}mv_B'^2 \quad (4.25)$$

olarak yazılabilir. Bununla birlikte esnek olmayan çarpışmada iki disk birbirine yapışarak $2m$ kütleli ve $\vec{v}'$ hızlı tek bir nesne formunda hareket ettiklerinden, çarpışmadan sonraki toplam kinetik enerjisi;

$$K' = \frac{1}{2}(2m)v'^2 = mv'^2 \quad (4.26)$$

olur. Kinetik enerji skaler bir büyüklük olduğuna göre o zaman (4.25) ve (4.26) denklemlerindeki toplamlar cebirsel toplamdır. Öte yandan esnek çarpışmada kinetik enerji hemen hemen korunur yani $K = K'$ dür.

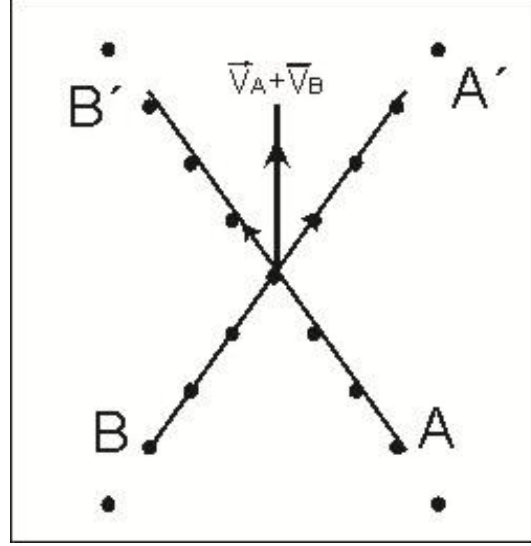
DENEYİN YAPILIŞI

- ✓ Hava pompası anahtarını (P) çalıştırınız.
- ✓ Her iki diski, hava masasının bir tarafından öbür tarafına uç noktalara yerleştiriniz.
- ✓ Diskleri birbirlerine doğru, masanın ortasına yakın bir yerde çarpışacak şekilde yavaşça iterek hareket ettiriniz ve serbest bırakınız. Doğrusal bir çarpışma elde edilemediği takdirde aynı işlemi bir kaç kez tekrar edebilirsiniz.
- ✓ Ark kronometresinden periyodu ayarlayınız (örneğin 60ms).
- ✓ Ardından (P) anahtarını çalıştırırken diskleri hava masasının bir tarafından öbür tarafına fırlatınız ve de ark kronometresinin anahtarını (S) diskler serbest kalır kalmaz çalıştırınız.
- ✓ İki disk hareketlerini tamamlayana kadar her iki anahtarı da açık tutunuz.

HESAPLAMALAR

- ✓ Veri kağıdını kaldırınız ve üzerinde oluşan noktaları dikkatle gözden geçiriniz. Noktalar Şekil 4.4'deki gibi olmalıdır. Her iki disk için noktaları 0, 1, 2,ve benzeri şekilde numaralandırınız.

- ✓ Her bir yoldaki iki ya da üç aralığın uzunluğunu ölçüp zamana bölerek çarpışmadan önce ve sonra her bir diskin hızını ayrı ayrı bulunuz. Disklerin kat ettiği iki yolu çarpışmadan önce A ve B çarpışmadan sonra da A' ve B' olarak isimlendiriniz.



Şekil 4.4 : $\vec{v}_A + \vec{v}_B$ 'nin vektörel toplamı

- ✓ $\vec{v}_A + \vec{v}_B$ ve $\vec{v}_{A'} + \vec{v}_{B'}$ vektörel toplamalarını bulunuz. Örneğin; $\vec{v}_A + \vec{v}_B$ 'yi bulmak için A ve B yolları kesişene kadar uzatınız. Daha sonra kesişme noktasından başlayarak $\vec{v}_A$ ve $\vec{v}_B$ 'nin yönleri boyunca ve de bu hızların büyüklüklerinin uzunlukları ile orantılı hız vektörlerini çizin. Örneğin 10 cm/s'lik bir hızı gösterirken 1 cm'lik bir vektör çizebilirsiniz. Daha sonra paralel kenarı tanımlayarak bu hızlardan meydana gelen toplamı bulunuz. $\vec{v}_{A'} + \vec{v}_{B'}$ 'yi bulmak için aynı yöntemi uygulayınız.
- ✓ Çarpışmadan önce ve sonra, kağıt üzerinde aynı anda oluşan noktaları tanımlayınız ve bunların her birerlerini bir çizgi ile birleştirerek eşleştiriniz. Nokta çiftlerini birleştiren çizgi boyunca CM'nin konumunu belirleyiniz. Bunu yaparken, çarpışma süresince CM'nin konumunu belirleyen kaydı elde edeceksin.
- ✓ Yukarıda CM için elde ettiğiniz kaydı kullanarak çarpışmadan önceki ve sonraki kütle merkezinin hızını bulunuz.
- ✓ İki diskin çarpışmadan önceki ve sonraki toplam kinetik enerjilerini bulunuz ve bunları karşılaştırınız.

YORUM

SORULAR

- 1- Bir parçacığın hızı iki katına çıkartılırsa momentum ve kinetik enerjisi nasıl değişir?
- 2- İki cismin kinetik enerjileri eşitse momentumları da her zaman birbirlerini eşittir diyebilir miyiz? Açıklayınız.
- 3- İki parçacık arasındaki tam esnek çarpışmada, çarpışma sonucu her parçacığın kinetik enerjisi değişir mi?
- 4- Bir cismin kütle merkezi, cismin hacminin dışında olabilir mi? Olabilir ise örnek veriniz?

DENEY 5: ESNEK OLMAYAN ÇARPIŞMA

DENEYİN AMACI: Esnek olmayan çarpışmada, momentum ve enerji bağıntılarının incelenmesi.

TEORİK BİLGİ

Esnek olmayan çarpışma

İki cisim çarpıştıktan sonra, birbirlerine yapışır ve birlikte hareket ederlerse, bu tip çarpışmalara **esnek olmayan çarpışmalar** adı verilir. Esnek olmayan çarpışmalarda mekanik enerji korunmazken momentum korunmaktadır. Çarpışmadan sonra, sistem kendi etrafında dönmeden hareket ediyorsa, her iki cismin doğrusal hızları ve kütle merkezlerinin hızları, birbirine eşittir. Birinci ve ikinci cismin çarpışmadan önceki ve sonraki hızları sırasıyla $\vec{v}_1, \vec{v}_2$ ve $\vec{u}_1, \vec{u}_2$ olsun. $\vec{V}$ kütle merkezinin hızını ifade etmek üzere;

$$\vec{u}_1 = \vec{u}_2 = \vec{V} \quad (5.1)$$

şeklinde yazılabilir. Esnek olmayan çarpışmada momentum korunduğuna göre,

$$\vec{m}_1 \vec{v}_1 + \vec{m}_2 \vec{v}_2 = \vec{m}_1 \vec{u}_1 + \vec{m}_2 \vec{u}_2 = (m_1 + m_2) \vec{V} \quad (5.2)$$

eşitlikleri yazılabilir. Bu bağıntıdan kütle merkezinin hızı $\vec{V}$,

$$\vec{V} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2}{m_1 + m_2} \quad (5.3)$$

olarak bulunur. Eğer m_1 kütlesi m_2 kütlesine eşitse, kütle merkezinin hızı,

$$\vec{V} = \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2}{2} \quad (5.4)$$

olarak elde edilebilir. Esnek olmayan çarpışmada sistemin toplam momentumunda bir değişim olmamasına karşın, sistemin kinetik enerjisinde her zaman bir kayıp olmaktadır. O halde, çarpışmadan önceki ve sonraki kinetik enerjiler için bir bağıntı yazılırsa,

$$\left(\frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 \right) > \left(\frac{1}{2} (m_1 + m_2) V^2 \right) \quad (5.5)$$

bağıntısı elde edilir. $m_1 = m_2$ durumu için (5.5) nolu eşitlik;

$$(v_1^2 + v_2^2) > 2V^2 \quad (5.6)$$

şekline dönüşür. Esnek olmayan çarpışmada enerji farkı ısıya yada başka enerji şekillerine dönüşür. K_1 , çarpışmadan önceki toplam kinetik enerji, K_2 , çarpışmadan sonraki toplam kinetik enerji olmak üzere, sistemin kinetik enerjisindeki azalma oranı;

$$e = \frac{K_1 - K_2}{K_1} \quad (5.7)$$

ifadesi ile verilebilir.

DENEYİN YAPILIŞI

Veri alırken masanın metal kısmına kesinlikle dokunmayın.

- Ölçüm alırken disklerden ikisi de masa üzerinde değilken kıvılcım zamanlayıcıyı asla çalıştırmayın.
- Kıvılcım ateşleyicisini çalıştırdığınız anda masa üzerinde olması gereken disklerden birisi elinizde bulunmamalıdır.

Aksi durumda **şok güvenliği konusunda garanti verilmemektedir.**

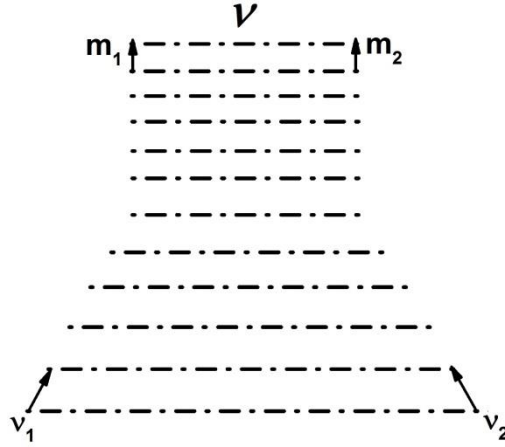
Esnek olmayan çarpışma

- ✓ Esnek olmayan çarpışma için, eşit kütleli iki diskin çevresine özel yapışkan bantları, yapışkan yüzeyler dışa gelecek şekilde sarınız.
- ✓ Hava masasını yatay duruma getirdikten sonra diskleri masanın size yakın olan köşelerine koyunuz.
- ✓ Hava pedalına basarak, çarpışmanın hava masasının ortasında bir yerde olmasını sağlayınız. Çarpışmadan sonra disklerin birlikte hareket ettiğini göreceksiniz.
- ✓ Disklerin konumlarını ve hızlarını ayarladıktan sonra ark pedalına da basarak hareketi tekrarlayınız.
- ✓ Ark pedalına disklere hareket verdikten sonra basmanız gerekir. Hareketten önce basarsanız, disklerin birbirine göre t zamanındaki konumlarını bulmanız güçleşebilir.
- ✓ Elde ettiğiniz verilerin çarpışmadan önceki $\vec{v}_1, \vec{v}_2$ ve sonraki $\vec{u}_1, \vec{u}_2$ hız vektörlerini çizin ve büyüklüklerini bir cetvel ile ölçünüz.
- ✓ Çarpışmadan sonraki $\vec{u}_1$ ve $\vec{u}_2$ hızları birbirine eşit değilse, sistem kendisi etrafında dönmektedir.

HESAPLAMALAR

6. $\vec{R} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$ ve $\vec{R}' = \vec{u}_1 + \vec{u}_2$ vektörlerini çizerek gösteriniz. Çarpışmadan önceki ve sonraki bileşke vektörler, birbirine eşit oluyor mu? Momentumun korunduğunu nasıl gösterirsiniz?

7. Kütle merkezinin hız vektörü, $\vec{V}$ yi çiziniz.
8. $\vec{V}$ hızı, çarpışmadan sonraki (u_1) ve (u_2) hızlarına eşit oluyor mu? $\vec{V}$ ile $\vec{v}_1$ ve $\vec{v}_2$ arasında nasıl bir bağıntı vardır? $\vec{V}$ hız vektörünün büyüklüğünü ölçünüz.
9. Bulduğunuz hız değerlerini (5.6) nolu bağıntıda yerine koyarak kinetik enerjinin korunmadığını gösteriniz.
10. (5.7) nolu bağıntıyı kullanarak, kinetik enerjideki azalma oranını bulunuz.



Şekil-1: Esnek olmayan çarpışma

YORUM

SORULAR

- 1-Esnek olmayan çarpışmaya günlük yaşamda karşılaştığınız ne gibi olayları örnek gösterebilirsiniz.
- 2-Bir parçacığın hızı iki katına çıkarsa, momentumu nasıl değişir? Kinetik enerjisi ne olur?

DENEY 6: BASİT HARMONİK HAREKET

DENEYİN AMACI: Hook kanununun ve basit harmonik hareketin incelenmesi. Basit harmonik hareket yapan bir sistemde potansiyel, kinetik enerji ve toplam enerjinin korunma kanununun sınanması.

TEORİK BİLGİ

Esnek olmayan çarpışma

Sabit bir noktanın iki yanında salınan cisme titreşim hareketi yapıyor denir. Bu deneyde titreşim hareketinin özel bir şekli olan harmonik hareket incelenecektir. Bir ucu mandala tutturulmuş yayın öbür ucuna kütlesi m olan bir diskin asıldığını düşünelim. Kütle, denge konumundan küçük bir x uzaklığı kadar ayrılırsa; yayın m kütlesi üzerine Hook yasası ile verilen,

$$\vec{F} = -k\vec{x} \quad (6.1)$$

geri çağırıcı kuvveti uygulanır. Burada k , yayın esneklik sabitidir. Yerdeğiştirme bu kuvvetle doğru orantılıdır ve yönü daima denge konumuna doğru yani yerdeğiştirmeye zıt yönlüdür. m kütlesi denge konumundan x uzaklığı kadar ayrıldığında, Newton'un ikinci yasası uygulanarak kütleyle etki eden kuvvet ve kütlelerin ivmesi;

$$\vec{F} = -k\vec{x} = ma \quad (6.2)$$

$$\vec{a} = -\frac{k}{m}\vec{x} \quad (6.3)$$

olarak bulunabilir. Kütlelerin ivmesi, kütlelerin denge konumundan itibaren yer değiştirmesiyle orantılıdır ve zıt yöndedir. Dolayısı ile;

$$\frac{d^2\vec{x}}{dt^2} = -\frac{k}{m}\vec{x} \quad (6.4)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada, $\frac{k}{m} = w^2$ olarak tanımlanır, ve w sistemin açısal frekansıdır.

Bu denklemin çözümü;

$$x(t) = A\cos(wt + \varphi) \quad (6.5)$$

şeklinde olduğu kabul edildiğinde, hareket denklemleri;

$$\frac{dx}{dt} = A \frac{d}{dt} \cos(\omega t + \varphi) = -A\omega \sin(\omega t + \varphi) \quad (6.6)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -A\omega \frac{d}{dt} \sin(\omega t + \varphi) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) \quad (6.7)$$

olarak bulunabilir. (6.7) nolu denklem (6.4) nolu denklemde yerine konulursa,

$$-\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi) \quad (6.8)$$

eşitliğinin sağlandığı bulunabilir. Tam bir titreşim için geçen zamana periyot denir. Frekans, birim zamandaki periyotların veya tam titreşimlerin sayısı olarak tanımlanır. Periyot, $T=2\pi/\omega$ ile verildiğinden ve frekans periyodun tersi olduğundan, bu sistem için hareketin periyodu ve frekansını;

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (6.9)$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}} \quad (6.10)$$

olarak ifade edebiliriz. Görüldüğü gibi periyot ve frekans yalnızca kütle ve yayın kuvvet sabitine bağlıdır. Yaya bağlı hareketli cismin denge konumuna olan uzaklığını gösteren x koordinatına uzanım adı verilir. Uzanımın en büyük değerine ise genlik, A denilir. Basit harmonik harekette yer değiştirme, hız ve ivme zamanla sinüsel olarak değişir fakat aynı fazda değildir. Parçacığın ivmesi, yer değiştirmeye orantılı fakat zıt yöndedir ve hareketin frekansı ve periyodu genlikten bağımsızdır.

$$K + U = E = \text{Sabit} \quad (6.11)$$

burada m, diskin kütlesi, v diskin hızı, k yay sisteminin esneklik sabiti ve x diskin denge konumundan uzaklığı (yayın sıkışması) olmak üzere diskin kinetik enerjisi;

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad (6.12)$$

ve yayın potansiyel enerjisi ise;

$$U = \frac{1}{2}kx^2 \quad (6.13)$$

olarak ifade edilebilir. Korunumlu olmayan kuvvetlerin etkilediği, harmonik hareketlerde toplam mekanik enerji, $E=K+U$, bir hareket sabitidir. Başka bir ifade ile, hareket süresince değişmez. Bu durumda uzanımın;

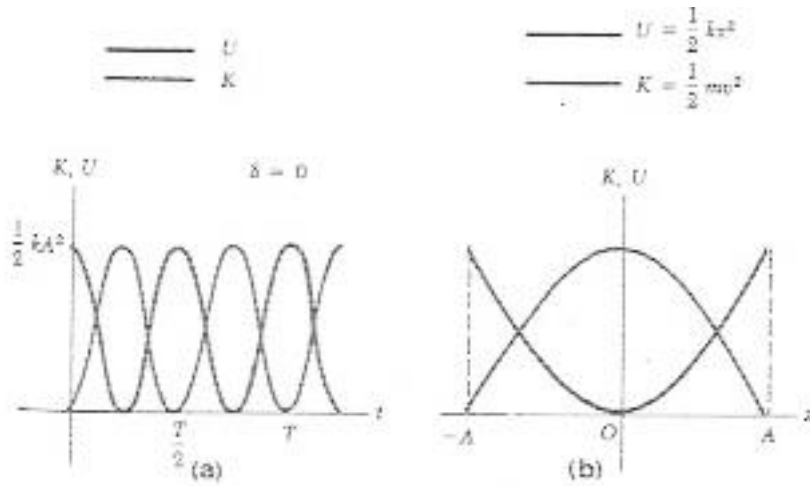
$$U = \frac{1}{2}kx^2$$

$$U = \frac{1}{2}kA^2\cos^2(\omega t + \varphi) \quad (6.15)$$

ile verilir. Potansiyel enerjinin maksimum değeri $\frac{1}{2}kA^2$ dir. Şekil-1a ve Şekil-2b' de gösterildiği gibi potansiyel enerji hareket süresince sıfır ile maksimum değeri arasında değişim gösterir. Herhangi bir andaki kinetik enerji ise, $\frac{1}{2}mv^2$ ile verilir. Diskin hızı;

$$v = \frac{dx}{dt} = \frac{d}{dt}A\cos(\omega t + \varphi) = -\omega A\sin(\omega t + \varphi) \quad v_{\max} = \omega A$$

bağıntıları kullanarak bulunabilir.



Şekil 6.1: a) Basit harmonik bir titreşkenin kinetik ve potansiyel enerjisi, **b)** Titreşkenin kinetik ve potansiyel enerjisinin yerdeştirmeye göre değişimi.

$$K = \frac{1}{2}kA^2\sin^2(\omega t + \varphi) \quad (6.16)$$

olarak bulunur. Görüldüğü gibi, kinetik enerjinin maksimum değeri $\frac{1}{2}kA^2$ veya $\frac{1}{2}m(\omega A)^2$

olarak bulunur. Hareket süresince kinetik enerji sıfır ile maksimum değeri arasında değişim gösterir. Toplam mekanik enerji kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamına eşittir. (6.15) ve (6.16) nolu bağıntılar kullanılarak;

$$E = K + U = \frac{1}{2}kA^2\sin^2(wt + \varphi) + \frac{1}{2}kA^2\cos^2(wt + \varphi)$$

$$E = \frac{1}{2}kA^2 \quad (6.17)$$

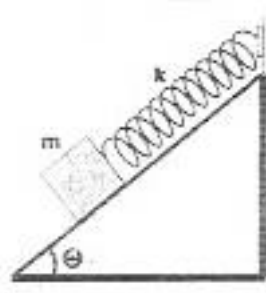
bulunur. Beklenildiği gibi, toplam mekanik enerji bir sabit olup değeri $\frac{1}{2}kA^2$ dir. Uzanımın maksimum olduğu anda kinetik enerjinin değeri sıfır olup potansiyel enerjinin değeri ise $\frac{1}{2}kA^2$ dir. Denge konumunda ise, potansiyel enerji sıfır, kinetik enerji $\frac{1}{2}kA^2$ değerini alır. Diğer konumlarda ise, toplam enerjiye hem kinetik enerjiden hem de potansiyel enerjiden, toplam enerji $\frac{1}{2}kA^2$ olacak şekilde katkı gelir.

DENEYİN YAPILIŞI

- Veri alırken masanın metal kısmına kesinlikle dokunmayın.
- Ölçüm alırken disklerden ikisi de masa üzerinde değilken kıvılcım zamanlayıcıyı asla çalıştırmayın.
 - Kıvılcım ateşleyicisini çalıştırdığınız anda masa üzerinde olması gereken disklerden birisi elinizde bulunmamalıdır.
- Aksi durumda **şok güvenliği konusunda garanti verilmemektedir.**

a) Yay esneklik sabitlerinin tayini

- ✓ Hava masasını yatay konumuna getirdikten sonra kuvvet sabiti bulunacak olan yaylardan birini masanın arka kenarına tutturunuz ve disklerden birini de yayın serbest ucuna bağlayınız.
- ✓ Hava masası yatay durumda iken hava pedalına aralıklarla basarak diski denge konumuna getiriniz ve ark kronometresini çalıştırarak diskin yerini işaretleyiniz.
- ✓ Daha sonra hava masasına değişik eğimler veriniz (Şekil-2'ye bakınız) ve her defasında hava pedalına kesik kesik basarak diski denge konumuna getiriniz ve ark kronometresiyle diskin yerini işaretleyiniz.



Şekil 6.2: Eğik düzlemde yay-disk sistemi

HESAPLAMALAR

1. Elde ettiğiniz kıvrılcım izleriyle belirlenen x uzama miktarının $\sin(\theta)$ 'ya karşı grafiklerini çiziniz.
2. Elde ettiğiniz eğrinin biçimi nedir tanımlayınız? Eğrinin biçiminden uygulanan kuvvet sınırları içinde yaydaki uzamanın Hook kanununa uyduğunu söyleyebilir misiniz?
3. Uzama miktarının $\sin(\theta)$ 'ya karşı değişimini gösteren eğri doğrusal bir eğri ise, eğrinin matematiksel ifadesini yazınız.
4. Buna göre, elde ettiğiniz doğrunun eğimi ile k yay sabiti arasında nasıl bir bağlantı vardır? Yayın esneklik sabitini hesaplayınız.

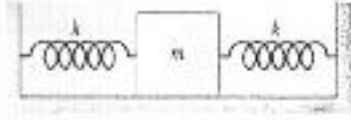
b) Yay-disk-yay sistemi ve enerjinin korunumu

- ✓ Hava masasını yatay duruma getirdikten sonra Şekil-3'te olduğu gibi yay-disk-yay sistemi kurunuz.
- ✓ Sistem masanın ön kenarına 10 cm kadar uzaklıkta, bu kenara paralel olmalıdır. Deney kağıdı, alüminyum kağıt çekme borusunun altından geçirilerek iki ucundan tutulabilecek biçimde yerleştirilmelidir.
- ✓ Diski denge konumundan bir miktar yana alınız, pedallara basınız ve kağıdı sabit hızla yavaşça çekiniz.
- ✓ Böylece Şekil-4'te olduğu gibi bir sinüs eğrisi elde edebilirsiniz.
- ✓ Bu eğrinin düzgün olması, veri kağıdının hızının düzgünlüğüne bağlıdır.

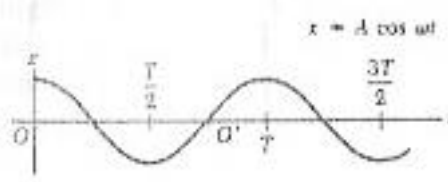
HESAPLAMALAR

1. Veri noktalarının t ve x -ekseni üzerindeki izdüşümlerini işaretleyiniz.
2. Eşit zaman aralıklarında x -ekseni boyunca diskin katettiği yolların eşit olmadığını belirleyiniz.

3. Diskin x-ekseni yönündeki V_x hız bileşenini grafik üzerinde gösteriniz.
4. V_x değerlerinin zamanla değiştiğini belirleyiniz ve V_x hangi noktada sıfır olmaktadır, bulunuz.



Şekil 6.3 Yay-disk-yay sistemi



Şekil 6.4. Basit harmonik hareket yapan bir titreşkenin zamana göre yer değiştirmesi

5. Veri grafiğinden hareketin, T periyodunu ve $\omega = \frac{2\pi}{T}$ açısal hızını bulunuz.
6. Eğrinin $1/4$ 'lük kısmı üzerinde seçeceğiniz çeşitli noktaların x değerlerini ölçünüz. $U = \left(\frac{1}{2}\right) m\omega^2 x^2$ bağıntısını kullanarak seçtiğiniz x değerleri için potansiyel enerjiyi hesaplayınız. Benzer şekilde ölçtüğünüz x değerleri için diskin kinetik enerjisini;

$$K = \frac{1}{2} m\omega^2 A_0^2 - \frac{1}{2} m\omega^2 x^2 \quad (6.18)$$

bağıntısını kullanarak belirleyiniz.

7. Şekil-2'de olduğu gibi seçtiğiniz her x değeri için sistemin $E=K+U$ toplam enerjisini bulunuz. Toplam enerjinin x 'e karşı değişimini çiziniz. Elde ettiğiniz eğrinin biçimi nedir?
8. Toplam enerjiyi gösteren eğri, x -eksenine paralel bir doğru oluyor mu? Oluyorsa toplam enerjinin korunumu için ne söyleyebilirsiniz?

YORUM

SORULAR:

1. Hook kanunun anlamını esnek hareketler için genel olarak tartışınız.
2. Şekil 6.4'ten yararlanarak harmonik hareketin $t = \frac{T}{4}, t = \frac{T}{2}, t = \frac{3T}{4}$ ve $t = T$ noktalarında titreşkenin hızını hesaplayınız.
3. Deneyde başlıca hata kaynaklarını belirtiniz ve bu hataların ölçtüğünüz A ve B genlikleri üzerindeki hata değerlerini hesaplayınız.
4. Kuvvet sabiti 20 N/m olan hafif bir yay bağlanmış 0.5 kg'lık bir kütle, sürtünmesiz yatay düzlemde titreşiyor.
 - a) Hareketin genliği 3 cm ise sistemin toplam enerjisini ve kütlenin maksimum hızını hesaplayınız.
 - b) Yer değiştirme 2 cm olduğu zaman, sistemin kinetik ve potansiyel enerjilerini hesaplayınız ve K+U toplamını a şıkkında bulduğunuz değerleri karşılaştırınız.