GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FİZ156

FİZİK LABORATUARI

DENEY KİTAPÇIĞI

ANKARA 2023

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ

HAVA MASASI:

Hava masası deney düzeneği başlıca aşağıdaki kısımlardan oluşmaktadır.

- **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.

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

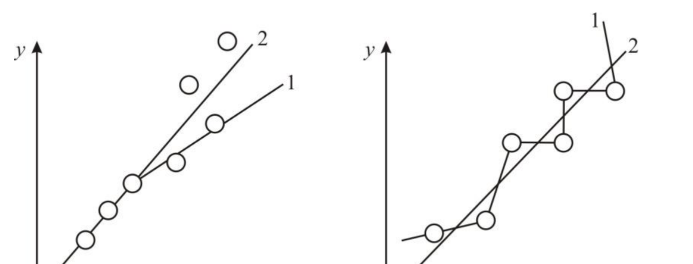
Verilerin yerleri ilgili eksenler üzerinde bulunur ve bu noktalardan eksenlere çıkılan dikmelerin kesim noktaları Şekil 1’deki sembollerden biri ile işaretlenir (Biz birinci sembolü kullanacağız.). *Veri değerleri kesinlikle koordinatlara yazılmamalıdır*. Aynı grafik kağıdına birden fazla grafik çizilecekse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

FİZ156 FİZİK LABORATUVARI UYGULAMA KURALLARI

Ön Çalışma: Öğrenciler yapılacak deneyle ilgili ön bilgiye sahip olmalıdırlar. Ayrıca rapor yazmak için gerekli olan ön çalışmayı yapıp gelmeleri gerekir. Bunun için derse gelmeden deney kitapçığındaki (föydeki) *Teorik Bilgi* baz alınarak konuyla ilgili temel bilgiler *Rapor Şablonu*'na yazılmalı ve ardından *Ön Çalışma Soruları* cevaplandırılmalıdır.

Rapor: Her deney sonunda yazılacak olan rapor, yapılan deneyi bütünleştiren bir çalışmadır ve ders saati içinde hazırlanıp teslim edilmeli veya sürenin yetmediği durumda bir sonraki hafta ders saatinin başında teslim edilmelidir. Zamanında teslim edilmeyen raporlar dikkate alınmaz ve notu sıfır olarak değerlendirilir. Raporlar dokuz deneyin her biri için 8 puan üzerinden değerlendirilir. Deneylerin tamamlanmasının ardından tüm deneylerin rapor notlarının toplamı ilan edilir.

Devamsızlık Durumu: 05.09.2017 tarihli 30171 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Gazi Üniversitesi Önlisans ve Lisans Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği" nin 13/1 maddesine göre, öğrencilerin derslere devam zorunluluğu, her yarıyıl için en az tamamen uygulamalı ders saatinden oluşan derslerde en az %80 olmak zorundadır. Bir öğrencinin devamsızlık yapabileceği maksimum deney sayısı 2'dir. Deney başladıktan sonra derse gelen öğrenciler deneye alınmayacaktır.

Telafi: Öğrencilerin derse katılamadığından dolayı yapamadığı deneyler için geçerli bir uygulamadır. Bir öğrencinin katılabileceği maksimum telafi deneyi sayısı ikidir. Telafi deneyi 2'den fazla olan öğrenciler devamsız sayılır. Telafide raporlar 6 puan üzerinden değerlendirilir. Telafiler tüm deneylerin bitiminde yapılır.

Ara Sınav: Dönem içinde teorik olarak yapılan ortak sınavdır. Sınavda genel olarak rapor hazırlar gibi deney verileri verilerek öğrencinin deneyin yapılışı ve önemi hakkındaki bilgisi yoklanır. 30 puan üzerinden değerlendirilir.

Vize Notu: Vize notu; ara sınav ve rapor notlarının toplamından oluşur. (Ara sınava rapor notlarının toplamı eklenir).

Dönem Sonu Sınavı: Dönem sonunda teorik olarak yapılan ortak sınavdır. Sınavda genel olarak rapor hazırlar gibi deney verileri verilerek öğrencinin deneyin yapılışı ve önemi üzerinde bilgisi yoklanır. 100 üzerinden değerlendirilir.

Başarı notu: Başarı notu; vize notunun %60'ı ile dönem sonu sınavının %40'ının toplamı sonucu belirlenen nottur.

Laboratuvar dersi için malzeme listesi: Deney Kitapçığı, Milimetrik Kağıt (Grafik Kağıdı), Rapor Kağıtları, İz Kağıdı, Hesap Makinesi, Cetvel, Silgi, Kalem

DENEY-1

YERÇEKİMİ İVMESİNİN BELİRLENMESİ

DENEYİN AMACI:

Hata hesabı yaparak g yerçekimi ivmesinin büyüklüğünü hesaplamak.

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 $\bar{x}$,

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

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,

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

ve bu ölçüme ait ortalama sapma,

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

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

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

şeklinde ifade edilir. Bazı hallerde hatalar hata yüzdesi olarak verilir. Bu durumda hata yüzdesi $(\bar{d}/\bar{x})\times 100\%$ olacağından bu durumda *x* için ölçüm sonucu

$$x = \bar{x} \pm \left[(\bar{d}/\bar{x})\times 100\%\right]$$

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 Δx=1 mm olacaktır. Bu durumda ölçülen bir *x* uzunluğunun gerçek değeri x-Δx ve x+Δx 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 Δx, Δy, Δz ise bu değerlerin *r*'nin değişimine etkisi,

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

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)

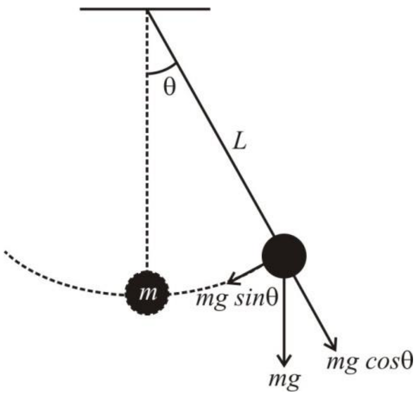
c. Çarpma: $r = x \cdot y \rightarrow \Delta r = |y \cdot \Delta x| + |x \cdot \Delta y| = y\Delta x + x\Delta y \rightarrow \frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}$ (KURAL 3)

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. BASİT SARKAÇ



Şekil 1. Basit sarkaç

Bir ucu sabit bir noktaya bağlanan ve diğer ucuna bir kütle bağlanarak oluşturulan sisteme *basit sarkaç* denir (Şekil 1). Kütleye hareket boyunca

$$F = -mgsin\theta$$

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,

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

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

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:

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

Hareketin periyodu,

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

şeklindedir.

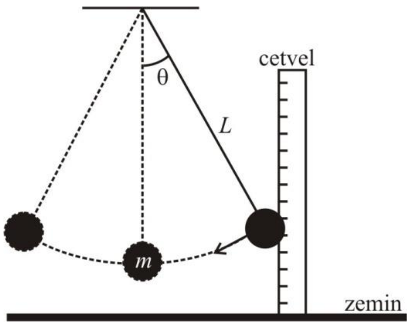
Önemli Not: Burada sunulan çözümün sadece denge konumundan *küçük yerdeğiştirmeler* için geçerli olduğunu unutmayınız. Deneyde sarkacınıza çok büyük açılarla salınım yaptırırsanız bu çözümler geçerli olmayacaktır!

ÖN ÇALIŞMA: *Aşağıdaki soruları cevaplayınız.*

1. Ölçümlerde oluşabilecek hatalar nelerden kaynaklanabilir?

2. Hata çeşitlerini yazınız.

DENEYİN YAPILIŞI:



Şekil 2. Basit sarkaç deney düzeneği

1. Bir plastik cetveli sarkacın yan tarafında sabit olarak tutunuz ve kütleyi çekerek cetvel üzerinde belirlediğiniz bir yükseklikten serbest bırakınız (Şekil 2). Çok büyük açıyla bırakmamaya dikkat ediniz.

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.

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 aşağıdaki tablo üzerinde yapınız.

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 üzerinde yapınız.

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. $g = 4\pi^2 \frac{L}{T^2}$ bağıntısından hata hesabı yaparsak (KURAL 4 ve KURAL 5 birleştirilerek),

$$\frac{\Delta g}{g} = \frac{\Delta L}{L} + 2\frac{\Delta T}{T} \quad \rightarrow \quad \frac{\Delta g}{g_{ort}} = \frac{\Delta L}{L_{ort}} + 2\,\frac{\Delta T}{T_{ort}}$$

bulunur. g'yi bulurken yaptığınız hatayı (Δg) hesaplayınız:

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

7. Yerçekimi ivmesini 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- …

DENEY-2

DÜZGÜN DOĞRUSAL HAREKET

DENEYİN AMACI:

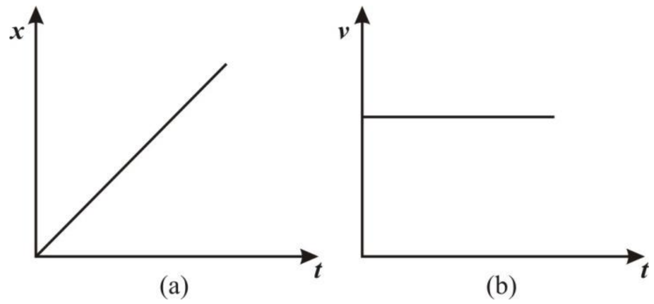
Düzgün doğrusal harekette yerdeğiştirmenin zamanla nasıl değiştiğini incelemek.

TEORİK BİLGİ:

Doğrusal bir yol boyunca sabit hızla hareket eden bir cisim *düzgün doğrusal hareket* yapar. Cisim eşit zaman aralıklarında eşit yollar alır ve hızı zamanla değişmez. Başlangıç konumu sıfır alınırsa, yerdeğiştirme (x), hız (v) ve zaman (t) arasında

$$x_s = x_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2 \rightarrow x = vt$$

ilişkisi vardır. *x-t* grafiği ve *v-t* grafiği Şekil 1(a) ve (b)'de gösterilmiştir. *x-t* grafiğinin eğimi cismin hızına eşittir.



Şekil 1. Düzgün doğrusal harekette (a) yerdeğiştirmenin ve (b) hızın zamana bağlı değişimi.

ÖN ÇALIŞMA: *Aşağıdaki soruları cevaplayınız.*

1. Ortalama ve ani hız nedir? İfadelerini (eşitliklerini) yazınız.

2. Düzgün doğrusal hareket nedir?

3. Bu deneyde hava masasının eğimli olmama nedenini açıklayınız.

DENEYİN YAPILIŞI:

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

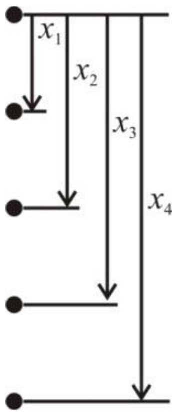
2. Hava masası üzerine iz kağıdını yerleştiriniz.

3. Disklerden birini masanın sağ alt köşesine yerleştiriniz ve deney süresince orada kalmasını sağlayınız. Diğer diski alınız ve masanın üstüne yerleştiriniz.

4. Ark pedalına basmadan önce hava pedalına basarak diskin sabit hızla gidebilmesi için bir kaç deneme yapınız.

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. Ark pedalına ve hava pedalına aynı anda basarak diske hız veriniz, iz kağıdını kaldırınız ve Şekil 2'deki gibi bir desen elde ettiyseniz iz kağıdınızı deney sorumlusuna kontrol ettiriniz.



Şekil 2. Temsili iz kağıdı

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

f=...

A=1/f =.....

şeklinde bulunur.

7. İz kağıdı üzerinde hareketin başlangıcını belirleyiniz ve her bir noktanın başlangıca olan uzaklığını (x_1, x_2, x_3, ...) cetvelle ölçünüz ve tabloya kaydediniz (Şekil 2'ye bakınız).

8. Her bir nokta için geçen zamanı (t) hesaplayınız ve tabloya kaydediniz: 1. nokta için $1\times A$, 2. nokta için $2\times A$ … şeklindedir.

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

9. Tablodan yararlanarak, x-t grafiğini çiziniz, nasıl bir eğri elde ediyorsunuz, sonucunuzu yorumlayınız.

10. Eğrinin eğimi ile diskin hızı arasında bir bağlantı var mıdır? Eğer varsa, grafikten faydalanarak diskin hızını hesaplayınız.

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-3

SABİT İVMELİ HAREKET

DENEYİN AMACI:

Sabit ivmeli harekette yerdeğistirmenin zamanla nasıl değistiğini incelemek.

TEORİK BİLGİ:

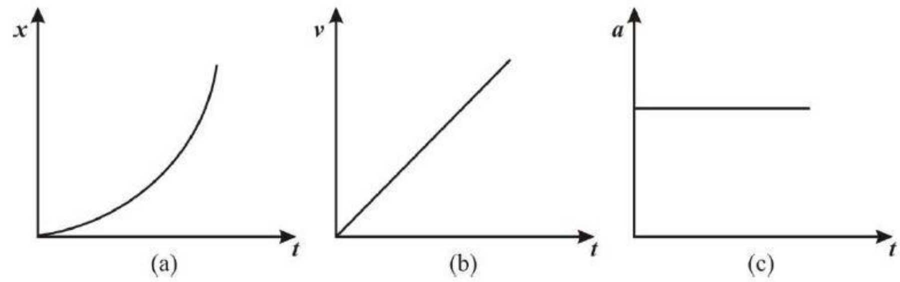
Cisim üzerine sabit bir dış kuvvet uygulanıyorsa, cisim sabit ivmeli hareket yapar. Hızı eşit zaman aralıklarında eşit miktarda artar. Durgun halden ve sıfır noktasından harekete başlayan bir cisim için, yerdeğiştirme (x), ivme (a) ve zaman (t) arasında

$$x_s = x_i + v_i t + \frac{1}{2}at^2 \rightarrow x = \frac{1}{2}at^2$$

ilişkisi vardır. Diğer taraftan, hız (v), ivme (a) ve zaman(t) arasında,

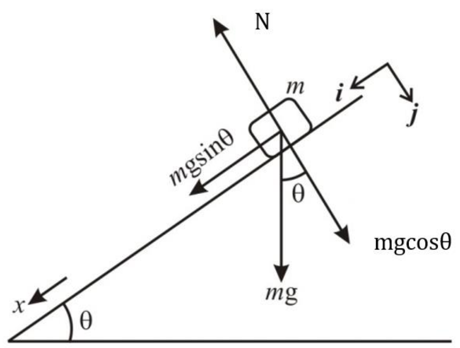
$$v_s = v_i + at \rightarrow v = at$$

ilişkisi vardır. *x-t* grafiği, *v-t* grafiği ve *a-t* grafiği Şekil 1 (a), (b) ve (c)'de gösterilmiştir. *v-t* grafiğinin eğimi cismin ivmesine eşittir. Aynı zamanda, x-t^2 grafiğinin eğimi cismin ivmesinin yarısına eşittir.



Şekil 1. Sabit ivmeli harekette (a) yerdeğiştirmenin, (b) hızın ve (c) ivmenin zamana bağlı değişimi.

Bir cismin θ açılı bir eğik düzlem üzerindeki hareketi sabit ivmeli harekete örnek olarak verilebilir (Şekil 2). Cisim üzerine etkiyen kuvvetler Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Eğik düzlem

Cisme x-doğrultusunda $\vec{F}_x = mgsin\theta\hat{\imath}$ kuvveti etki eder ve cisim bu kuvvetin etkisiyle x-yönünde *sabit ivmeli hareket* yapar. Etki ve tepki kuvvetlerinin büyüklükleri eşit ve zıt yönlü olduğundan *y*-

doğrultusunda bir hareket yoktur. Newton'un ikinci yasasından hareketin ivmesi hesaplanabilir:

$$F = ma$$

$$a = F/m = F_x/m = mgsin\theta/m = gsin\theta$$

Başka bir deyişle, *eğik düzlem üzerinde hareket eden cismin ivmesi sabittir ve yerçekimi ivmesi ile eğim açısının sinüsünün çarpımına eşittir*.

Bu durumda yerdeğiştirme, durgun halden ve sıfır konumundan harekete başlayan cisim için,

$$x = \frac{1}{2}at^2 = \frac{1}{2}gsin\theta t^2$$

olur.

ÖN ÇALIŞMA: *Aşağıdaki soruları cevaplayınız.*

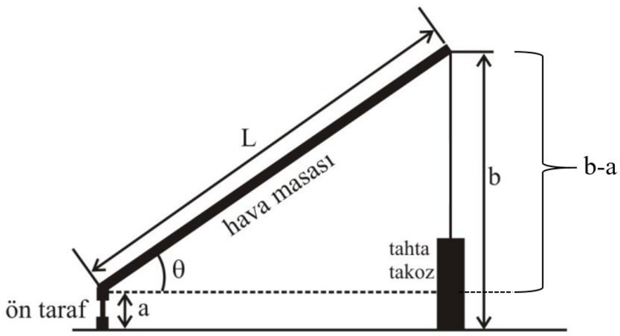
1. Sabit ivmeli hareket nedir?

2. Newton Hareket Kanunlarını sırasıyla yazınız ve açıklayınız.

DENEYİN YAPILIŞI:

1. Hava masasını yatay duruma getirin. Daha sonra hava masasının arka ayağına bir yükseltici blok yerleştirerek yatay durumdan Şekil 3'deki gibi bir θ eğim açısı yapacak konuma getiriniz. Bu θ açısını belirlemek için Şekil 3'deki a ve b mesafelerini ölçünüz. Masaya ilk verdiğimiz eğim θ_1 olmak üzere, $sin\theta = \frac{b-a}{L}$ ifadesi yardımıyla θ_1 eğim açısını belirleyiniz.

$$sin\theta_1 = \frac{b_1 - a_1}{L} \rightarrow \theta_1 = arcsin\left(\frac{b_1 - a_1}{L}\right) \rightarrow \theta_1 =$$



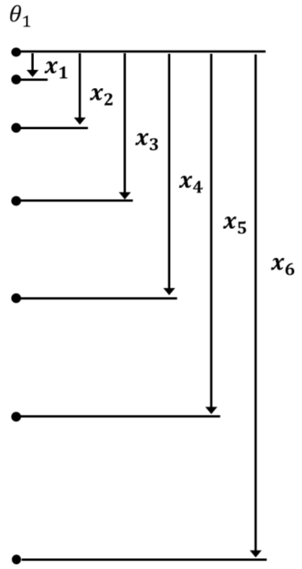
Şekil 3. Hava masasının eğim açısının belirlenmesi

2. Hava masası üzerine iz kâğıdını yerleştiriniz.

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

4. Hareketi incelenecek diski alınız ve masanın üst kısmına getiriniz. Ark pedalına basmadan önce hava pedalına basarak koyduğunuz diski serbest bırakarak bu noktadan aşağı doğru kaymasına izin veriniz.

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



Şekil 4. Temsili iz deseni ($\theta_1$iken)

5. Elinizin alıştığına kanaat getirdikten sonra, ark kronometresini açınız. Ark pedalına ve hava pedalına aynı anda basarak diski serbest bırakınız (Diski, ilk hızsız olacak şekilde serbest bırakınız). Diskin düz bir doğrultuda ilerlediğini gözlemleyiniz. Disk eğimli düzlemin alt noktasına ulaştığında pedala basmayı bırakınız. İşlemler bittikten sonra iz kağıdını kaldırınız ve Şekil 4'deki gibi bir desen elde ettiyseniz iz kağıdınızı deney sorumlusuna kontrol ettiriniz.

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

f=...

A=1/f =.....

şeklinde bulunur.

7. İz kâğıdı üzerinde hareketin başlangıç noktasını belirleyiniz ve her bir noktanın başlangıca olan uzaklığını (x_1, x_2, x_3, ...) cetvelle ölçünüz ve tabloya kaydediniz (Şekil 4'e bakınız).

8. Her bir nokta için geçen zamanı (t) ve karesini (t^2) hesaplayınız ve tabloya kaydediniz: 1. nokta için $1\times A$, 2. nokta için $2\times A$ … şeklindedir.

9. Madde "**7** ve **8**" deki işlemleri hava masasına 2 farklı eğim açısı (θ_2 ve θ_3 olacak şekilde) kazandırarak (farklı uzunluklarda takoz kullanarak) tekrarlayınız. Masaya verilen θ_2 ve θ_3 eğimlerini $sin\theta_2 = \frac{b_2-a_2}{L}$ ve $sin\theta_3 = \frac{b_3-a_3}{L}$ ifadelerini kullanarak belirleyiniz ve tabloları oluşturunuz.

$$sin\theta_2 = \frac{b_2 - a_2}{L} \rightarrow \theta_2 = arcsin\left(\frac{b_2 - a_2}{L}\right) \rightarrow \theta_2 =$$

$$sin\theta_3 = \frac{b_3 - a_3}{L} \rightarrow \theta_3 = arcsin\left(\frac{b_3 - a_3}{L}\right) \rightarrow \theta_3 =$$

$\theta_1 =$		
***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 =

$\theta_2 =$		
***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 =

$\theta_3 =$		
***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 =

10. Tablolardan yararlanarak, x-t grafiklerini çiziniz. x-t grafiklerini çizdiğinizde nasıl bir eğri elde ediyorsunuz, sonucu yorumlayınız.

11. Tablolardan yararlanarak, x-t^2 grafiklerini çiziniz. Grafiklerin eğimini alarak diskin ivmesini $eğim = a/2$ ifadesinden hesaplayınız ve aşağıdaki tabloya yazınız.

12. Hava masası eğimleri bilindiğine göre, $a = g sin\theta$ eşitliği yardımıyla teorik ivme değerlerini hesaplayınız ve aşağıdaki tabloya yazınız.

θ (°)	$a_{deneysel}$ (…)	a_{teorik} (…)
$\theta_1 =$		
$\theta_2 =$		
$\theta_3 =$		

13. θ açısı ile sistemin ivmesi nasıl değişmektedir? Açıklayınız.

14. Yukarıdaki belirlediğiniz deneysel ivme değeri ile hesapladığınız teorik ivme değerlerini karşılaştırınız. Bu değerler birbirine eşit midir? Değil ise nedenini kısaca 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 kağıtları eklenmelidir.)

Ek1- ...

Ek2- …

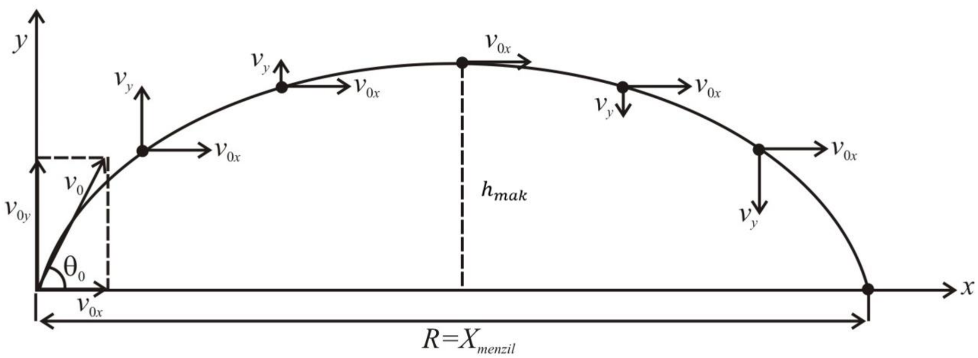
DENEY-4
İKİ BOYUTTA HAREKET-EĞİK ATIŞ

DENEYİN AMACI:

Eğik atış hareketini (parabolik hareket) incelemek, maksimum yükseklik, menzil, uçuş süresi gibi kavramları anlamak.

TEORİK BİLGİ:

Cisim $t = 0$ anında yatayla θ_0 açısı yapacak şekilde, v_0 ilk hızıyla atıldığında parabolik bir yörünge çizecek şekilde hareket eder (Şekil 1). Bu yüzden bu harekete *eğik atış* denildiği gibi *parabolik hareket* de denir. Bunun yanında, eğik atış hareketi iki-boyutta hareket için en iyi örneklerden biridir. Cisim *x*-ekseninde sabit hızlı hareket yaparken, *y*-ekseninde sabit ivmeli hareket yapar. Başka bir deyişle, *x*-ekseninde cismin v_{0x} hızı hareket süresince sabit kalırken, *y*-ekseninde hızın y-bileşeni yerçekiminin etkisiyle zamanla değişir. Cisim tepe noktasına kadar yerçekiminin etkisiyle yavaşlar ve hızının y-bileşeni sıfır olur, daha sonra hızın y-bileşeni tekrar artmaya başlar.



Şekil 1. Eğik atış hareketi

Cismin ilk hızının bileşenleri eğik atış hareketinin kinematiği için önemlidir ve şu şekildedir:

$$v_{0x} = v_0 cos\theta_0$$

$$v_{0y} = v_0 sin\theta_0$$

Cismin hareket boyunca hızının bileşenleri ise,

$$\vec{v}_x = \vec{v}_{0x} = \frac{dx}{dt} = v_0 cos\theta_0 \hat{\imath}$$

$$\vec{v}_y = \frac{dy}{dt} = (v_0 sin\theta_0 - gt)\hat{\jmath}$$

şeklindedir. Bu denklemlerin bir kez integrali alınırsa x- ve y-eksenleri boyunca yerdeğiştirmeler bulunur:

$$x = v_0 cos\theta_0 \, t$$

$$y = v_0 sin\theta_0 \, t - \frac{1}{2} g t^2$$

Bu iki ifade arasında zaman terimi (t) yok edilirse, $t = x/(v_0 cos\theta_0)$

$$y = tan\theta_0 x - \frac{g}{2(v_0 cos\theta_0)^2} x^2$$

bulunur, bu denkleme *yörünge denklemi* denir ve bir parabol denklemidir. Bununla birlikte, cismin çıkabileceği maksimum yükseklik,

$$h_{mak} = \frac{(v_{0y})^2}{2g} = \frac{(v_0 sin\theta_0)^2}{2g}$$

şeklinde verilir. Cismin tepe noktasına çıkış süresi ile atıldığı seviyeye iniş süresi aynıdır ve ikisinin toplamı cismin uçuş süresini verir:

$$t_{çıkış} = t_{iniş} = \frac{v_{0y}}{g} = \frac{v_0 sin\theta_0}{g}$$

$$t_{uçuş} = 2t_{çıkış} = \frac{2v_0 sin\theta_0}{g}$$

Cismin yataydaki hızı ve uçuş süresi bilindiğine göre, cismin yatayda ne kadar uzağa gideceği (menzili) hesaplanabilir:

$$R = v_{0x} t_{uçuş} = v_0 cos\theta_0 \frac{v_0 sin\theta_0}{g} = \frac{{v_0}^2 (2sin\theta_0 cos\theta_0)}{g} = \frac{{v_0}^2 sin(2\theta_0)}{g}$$

Önemli Not*: *Deneyle ilgili hesaplamalar yapılırken hava masasının eğiminden (φ) dolayı yukarıdaki denklemlerde g yerine $gsin\varphi$ alınacaktır. Burada θ_0 açısı ve φ açısı birbiri ile karıştırılmamalıdır.

ÖN ÇALIŞMA: *Aşağıdaki soruları cevaplayınız.*

1. Eğik atış hareketinin hangi iki hareketin bileşkesi olduğunu açıklayınız.

DENEYİN YAPILIŞI:

1. Hava masasına φ kadar eğim veriniz ve eğim açısını hesaplayınız.

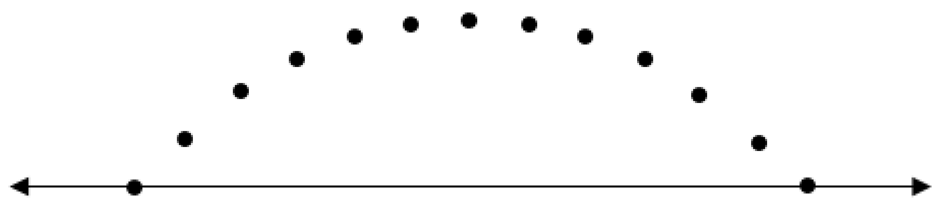
$\varphi =$

2. Hava masası üzerine iz kâğıdını yerleştiriniz.

3. Disklerden birini masanın kenarına yerleştiriniz. Diğer diski alınız, sadece hava pedalına basarak eğik atış yapacak şekilde atınız ve bir kaç deneme yaparak elinizi alıştırınız.

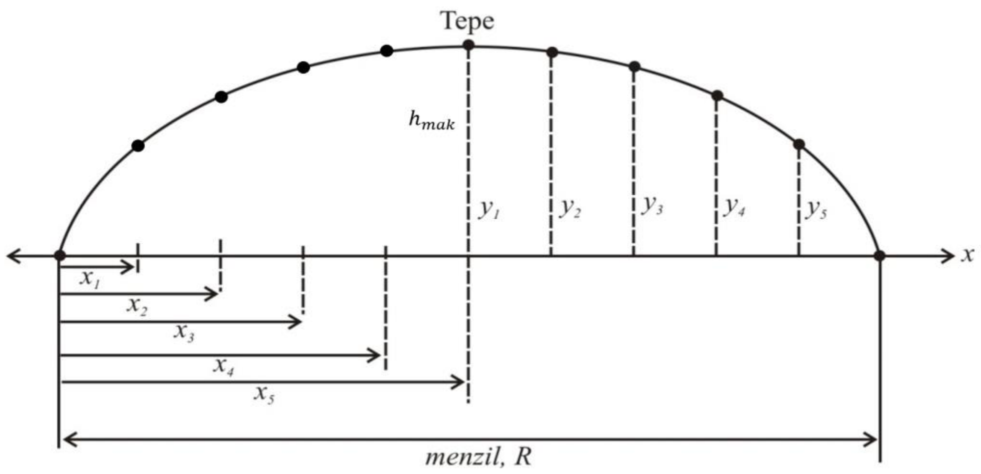
UYARI! Deney sırasında, ark pedalına bastıktan sonra masanın ve disklerin metal kısımlarına dokunulmaması, diskin plastik kısmından tutulması elektrik akımına maruz kalmanızı engelleyecektir.

4. Daha sonra ark pedalına basarak ölçümler alınız ve Şekil 2'deki gibi bir iz deseni elde ettiyseniz iz kâğıdınızı deney sorumlusuna kontrol ettiriniz.



Şekil 2. Eğik atış hareketi için temsili iz deseni

5. Elde ettiğiniz iz deseninin üzerine Şekil 3'de olduğu gibi gerekli çizimleri ve ölçümleri yapınız.



Şekil 3. Eğik atış hareketi deneyinde elde edilen izlerin temsili gösterimi

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

f=...

A=1/f=...

şeklinde bulunur.

7. Diskin tepe noktasına çıkana kadar kaç aralık olduğunu sayınız ve bu değeri *A* ile çarparak diskin çıkış süresini hesaplayınız:

$t_{çıkış}$=…

8. Benzer şekilde, diskin tepe noktasından başlangıç seviyesine inene kadar kaç aralık olduğunu sayınız ve bu değeri *A* ile çarparak diskin iniş süresini hesaplayınız:

$t_{iniş}$=…

9. Çıkış süresi iniş süresine eşit oluyor mu? Cismin toplam uçuş süresini bulunuz:

$t_{uçuş}$=…

10. $t_{çıkış} = \frac{v_{0y}}{gsin\varphi}$ ifadesinden yararlanarak ilk hızın y-bileşenini hesaplayınız.

$$t_{çıkış} = \frac{v_{0y}}{gsin\varphi} \rightarrow v_{0y} = gsin\varphi \times t_{çıkış} = \cdots$$

11. Yatayda ilk iki iz arası mesafeyi ölçünüz:

x_1=…

12. Bu mesafeyi *A* değerine bölerek cismin yataydaki hızını hesaplayınız:

$$v_x = v_{0x} = \frac{x_1}{A} = \cdots$$

Ayrıca, bu sonucu test etmek için tepe noktasına kadar olan izler için *x* mesafelerini ölçünüz (Şekil 3'e bakınız) ve aşağıdaki tabloya kaydediniz, *x-t* grafiğini çizerek grafiğin eğiminden yataydaki hızı bulunuz, sonucunuzu yorumlayınız.

x (...)	t (...)
x_1=	$t_1=1\times A$=
x_2=	$t_2=2\times A$=
x_3=	$t_3=3\times A$=
x_4=	$t_4=4\times A$=
x_5=	$t_5=5\times A$=
x_6=	$t_6=6\times A$=
x_7=	$t_7=7\times A$=

13. Cismin ilk hızının her iki bileşeni bilindiğine göre atış açısını ve ilk hızını hesaplayınız.

Atış açısı: $\tan\theta_0 = \frac{v_{0y}}{v_{0x}} \rightarrow \theta_0 =$ ...

Cismin ilk hızı: $v_0 = \sqrt{{v_{0x}}^2 + {v_{0y}}^2} =$ ...

14. Hesapladığınız atış açısını ve ilk hızı kullanarak cismin maksimum yüksekliğini ve menzilini hesaplayınız. Bu değerleri iz kâğıdından ölçtüklerinizle kıyaslayınız.

	Hesaplanan (Teorik)	Ölçülen (Deneysel)
$h_{mak} = \frac{(v_0 sin\theta_0)^2}{2g sin\,\varphi}$		
$R = \frac{{v_0}^2 sin(2\theta_0)}{g sin\varphi}$		

15. Yörünge üzerinde bir nokta seçiniz. Bu noktanın (x, y) koordinatlarını ve bu noktaya karşılık gelen zaman değerini belirleyiniz:

$(x, y) = \cdots$

$t \ = \cdots$

x değerini yörünge denkleminde yerine yazarak y değerini hesaplayınız.

$$y = tan\theta_0 x - \frac{g sin\varphi}{2(v_0 cos\theta_0)^2}x^2 = \cdots$$

t değerini yerdeğiştirme denkleminde yerine yazarak y değerini hesaplayınız.

$$y \ = v_0 sin\theta_0\, t - \frac{1}{2} g sin\varphi t^2 = \cdots$$

Hesapladığınız y-değerleri ile ölçülen y değerini karşılaştırınız.

16. Hareketin tepe noktasından sonra olan kısmı için y mesafelerini ölçünüz (Şekil 3'e bakınız) ve aşağıdaki tabloya kaydediniz, ölçtüğünüz bütün değerleri y_1 değerinden çıkarınız.

			y (...)				t^2 (...)
y_1=		$y_1 - y_1$=		$t_1=0\times A$=		$t_1^2 =$	
y_2=		$y_1 - y_2$=		$t_2=1\times A$=		$t_2^2 =$	
y_3=		$y_1 - y_3$=		$t_3=2\times A$=		$t_3^2 =$	
y_4=		$y_1 - y_4$=		$t_4=3\times A$=		$t_4^2 =$	
y_5=		$y_1 - y_5$=		$t_5=4\times A$=		$t_5^2 =$	
y_6=		$y_1 - y_6$=		$t_6=5\times A$=		$t_6^2 =$	
y_7=		$y_1 - y_7$=		$t_7=6\times A$=		$t_7^2 =$	

17. Tablodaki değerleri kullanarak y-t^2 grafiğini çiziniz, sonucunuzu yorumlayınız.

18. y-t^2 grafiğinin eğiminden hareketin ivmesini hesaplayınız ve $a = gsin\varphi$ den bulduğunuzla 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-5
MEKANİK ENERJİNİN KORUNUMU

DENEYİN AMACI:

Mekanik enerjinin korunumunu incelemek.

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.

$$E = U + K$$

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

$$\Delta E = E_s - E_i = 0 \rightarrow E_i = E_s$$

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

$$U = mgh$$

ifadesi ile verilir.

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

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

şeklindedir. Burada m cismin kütlesi ve v cismin hızıdır.

ÖN ÇALIŞMA: *Aşağıdaki soruları cevaplayınız.*

1. Mekanik enerjinin korunumunu açıklayınız.

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

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.

4. İpi makaradan geçirerek kütleyi aşağı doğru sarkıtınız.

5. İpin bağlı olduğu diski ark kronometresine yakın tarafta tutunuz. Hava pedalına basınız. Diskin kütlenin etkisi ile harekete geçtiğini göreceksiniz.

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)

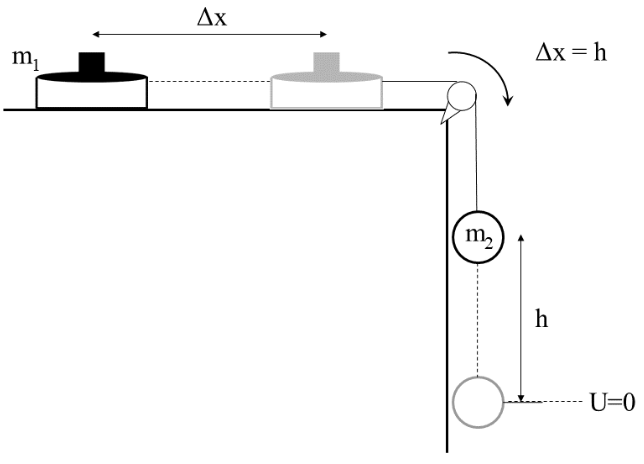
f=...

A=1/f =.....

şeklinde bulunur.

8. Daha önce yaptığınız sabit ivmeli hareket deneyine benzer şekilde, elde ettiğiniz izleri kullanarak aşağıdaki tabloyu doldurunuz.

***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=	$t_{10}^2 =$



Şekil 1. Disk ve diske bağlı kütlenin şematik gösterimi.

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

$a_{disk} =$

10. Diskin ivmesini bulduktan sonra zamansız hız formülü

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

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.

$m_1 = m_{disk} = \cdots$

$m_2 = m_{\text{kütle}} = \cdots$

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:

$$\sum F_y = m_1 a_y \rightarrow N - m_1 g = 0 \rightarrow N = m_1 g$$

elde edilir.

$$E_s - E_i = -f_s \Delta x$$

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

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

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

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-6
DÜZGÜN DAİRESEL HAREKET

DENEYİN AMACI:
Dairesel hareket, teğetsel ivme ve merkezcil ivme hakkında bilgi sahibi olmak.

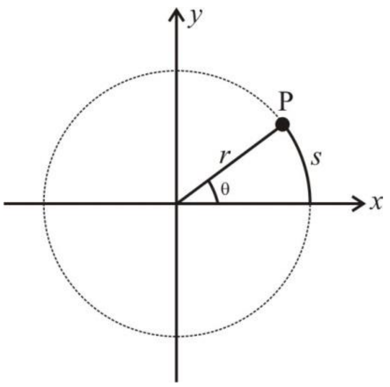
TEORİK BİLGİ:
Sabit bir eksen etrafındaki en basit dönme hareketi sabit ivmeli dönme hareketidir. Sabit ivmeli doğrusal harekete benzetilerek incelenebilir. Ancak bazı değişiklikler yapılmalıdır: çizgisel hız yerine açısal hız (w), çizgisel yerdeğiştirme yerine açısal yerdeğiştirme (θ), çizgisel ivme yerine de açısal ivme (α) kullanılır. Sabit ivmeli dönme hareketi yapan bir cismin açısal hızı,

$$w_s = w_i + \alpha t$$

dir ve açısal yerdeğiştirmesi

$$\theta_s = \theta_i + w_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$

şeklindedir.



Şekil 1. Yay uzunluğu

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

$$s = r\theta$$

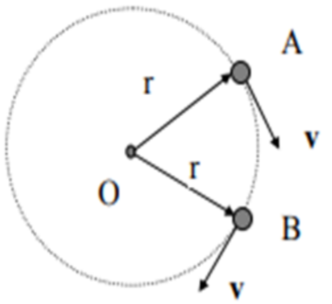
yazılabilir (Şekil 1). Yarıçapın sabit olduğu, hızın yer değiştirmenin 1. türevi olduğu hatırlanırsa, teğetsel hız (v_t) ile açısal hız arasında,

$$\frac{ds}{dt} = r\frac{d\theta}{dt} \to v_t = rw$$

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

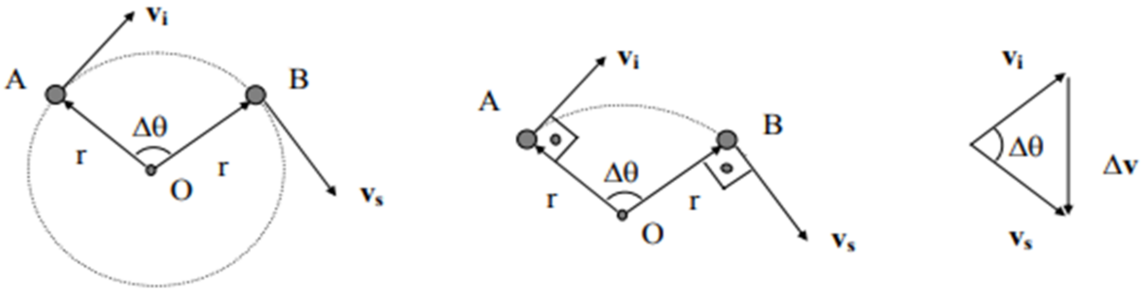
$$\frac{dv_t}{dt} = r\frac{dw}{dt} \to a_t = r\alpha$$

Sabit bir "O" merkezi etrafında hızının büyüklüğü (sabit sürat; v_t:sabit) değişmeyen bir cismin hareketini düşünelim. Yukarıdaki eşitlikten a_t=0 olur.

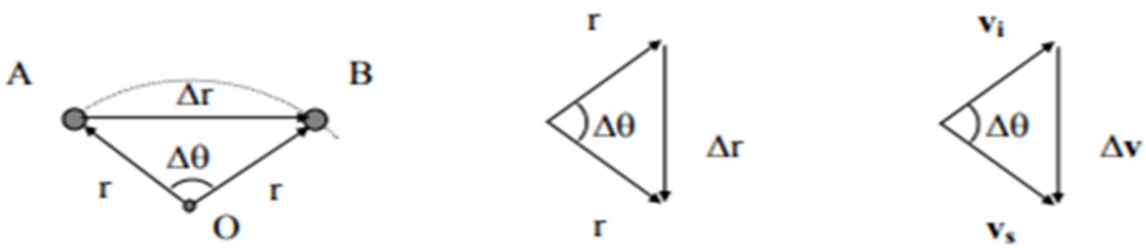


Şekil 2. Düzgün doğrusal hareket

Cisim A ve B noktalarında iken hızın büyüklüğü (sürati) değişmemiştir ancak A ve B noktalarında hız vektörünün yönü değişmiştir. Hız, vektörel bir nicelik olduğundan yöndeki değişme, hız vektöründeki bir değişmeyi göstermektedir. Şekilde görülen düzgün dairesel harekette hızın büyüklüğü (sürat) değişmese bile hızın doğrultusu değiştiğinden dolayı hızda bir değişmenin olduğu, yani cismin bir ivmesinin olduğu anlaşılmaktadır.



Şekil 3. Düzgün doğrusal harekette hızın vektörel değişimi $|\vec{v_i}| = |\vec{v_s}| = |\vec{v}|$



Şekil 4. Düzgün doğrusal harekette cismin yerdeğiştirmesi

Ortalama ivme ifadesi şu şekilde verilir:

$$\vec{a}_{ort} = \frac{\vec{v}_s - \vec{v}_i}{t_s - t_i} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t}$$

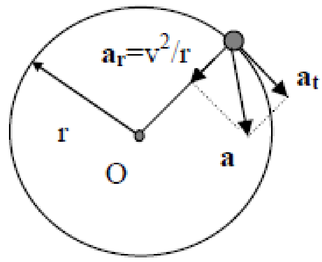
Burada ivmenin yönü, dairenin merkezine doğru yöneldiğinden ***merkezcil ivme*** olarak adlandırılır ve $\vec{a}_r$ ile gösterilir.

Şekil 3 ve Şekil 4'ten yararlanarak r yarıçap ve v de teğetsel hızın büyüklüğü olmak üzere; r, r, Δr kenarlı ikizkenar üçgeni ile v_i, v_s, Δv üçgeninin benzerliğinden aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$\frac{\Delta v}{v} = \frac{\Delta r}{r} \longrightarrow \Delta v = \frac{v}{r}\Delta r$$

Buradan merkezcil ivmenin büyüklüğü:

$$|\vec{a}_r| = \left|\frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}\right| = \left(\frac{v}{r}\Delta r\right) \longrightarrow \frac{\Delta r}{\Delta t} = v \longrightarrow a_r = \frac{v}{r}v = \frac{v^2}{r}$$



Yandaki şekilden görülmektedir ki, cismin toplam ivmesi iki bileşenden oluşur: *teğetsel* ve *merkezcil* ivme.

$$\vec{a}_{Top} = \vec{a}_t + \vec{a}_r$$

Şekil 5. Teğetsel ve merkezcil ivme

Sabit ivmeli dairesel hareketi yapan bir cismin açısal hızı ve açısal yerdeğiştirmesi şu şekildedir:

$$w_s = w_i + \alpha t$$

$$\theta_s = \theta_i + w_i t + \frac{1}{2}\alpha t^2$$

Dairesel harekette dönüş doğrultusunda bir kuvvet etkimiyorsa:

$$w_s = w_i$$

$$\alpha = 0$$

$$\theta_s = \theta_i + w_i t$$

ÖN ÇALIŞMA: Aşağıdaki soruları cevaplayınız.

1. Düzgün dairesel hareket nedir?

2. Sabit ivmeli (düzgün olmayan) dairesel hareket nedir?

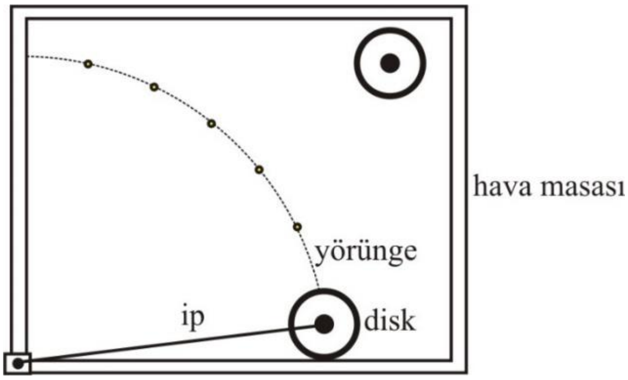
DENEYİN YAPILIŞI:

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 6).

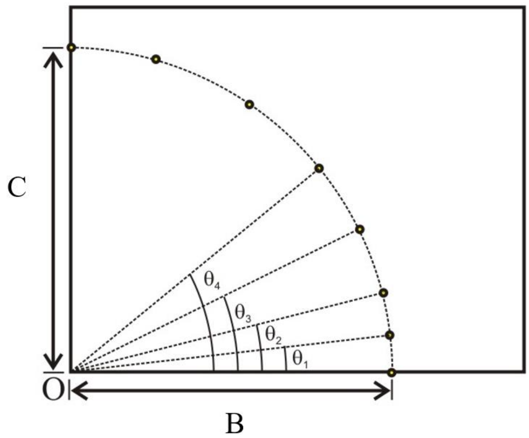


Şekil 6. Dairesel hareket için hava masasının durumu

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 ölçümler alınız ve Şekil 7'deki gibi bir iz deseni elde ettiyseniz iz kâğıdınızı deney sorumlusuna kontrol ettiriniz.



Şekil 7. İz kağıdı

7. Şekil 7'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=57.295°).

θ (°)	**θ (radyan)**	***t* (s)**
θ_1=		t_1=1×A =
θ_2=		t_2=2× A =
θ_3=		t_3=3× A =
θ_4=		t_4=4× A =
θ_5=		t_5=5× A =
θ_6=		t_6=6× A=
θ_7=		t_7=7× A
θ_8=		t_8=8× A =

10. Tablodan yararlanarak, θ-t grafiğini çiziniz.

11. Grafiğin eğimini alarak diskin açısal hızını (*w rad/s*) hesaplayınız.

$Merkezcil\ ivme = a_r = w^2 r$ bağıntısını türetiniz.

12. Yukarıda ölçtüğünüz B ve C mesafeleri hareketin yarıçap değerini verir. Diskin merkezcil ivmesini hesaplayınız.

$a_r = w^2 \times B =$…

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-7
ESNEK VE ESNEK OLMAYAN ÇARPIŞMALAR

DENEYİN AMACI:

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

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,

$$\vec{P}_{önce} = \vec{P}_{sonra}$$

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

yazarız. Kinetik enerjinin korunumundan,

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

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

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

bağıntısından,

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

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,

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

$$v_1^2 + v_2^2 = u_1^2 + u_2^2$$

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

halini alır.

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,

$$K_i > K_s$$

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

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

şeklinde tanımlanır.

ÖN ÇALIŞMA: *Aşağıdaki soruları cevaplayınız.*

1. Esnek ve esnek olmayan çarpışma arasındaki fark nedir?

2. İki vektörün bileşkesi nasıl bulunur?

DENEYİN YAPILIŞI:

A. Esnek Çarpışma

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.

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. Ark pedalına ve hava pedalına aynı anda basarak diskleri atınız.

6. İz kağıdını hava masasının üzerinden alınız. Şekil 1'deki gibi bir desen elde etmelisiniz. Devam etmeden önce, iz kağıdınızı 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. Her bir yörüngedeki hızları cetvelle ölçüp geçen zamana bölerek (A değerine) çarpışmadan önceki ve sonraki hızları bulunuz.

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

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

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

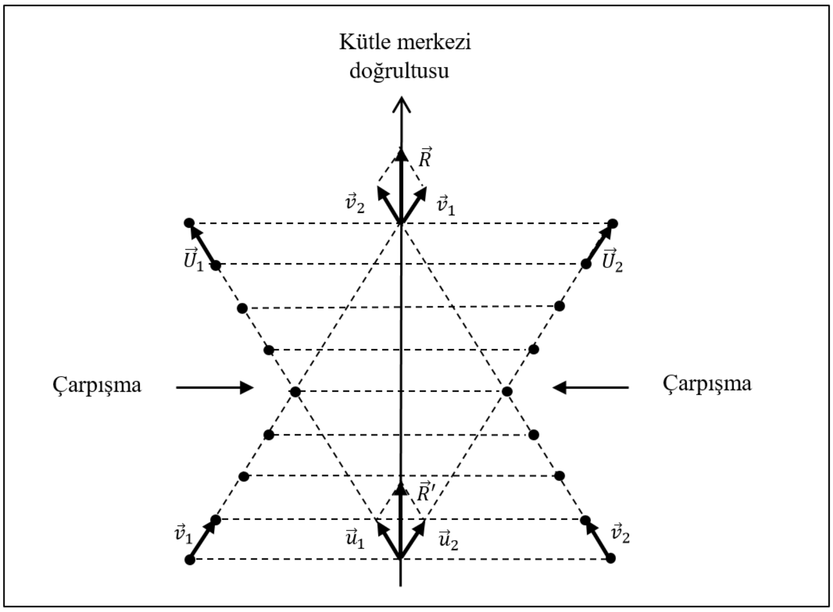
$$u_2 = \frac{\dots.}{A} =$$

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.

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

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

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



Şekil 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.

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.

$K_i = \cdots$

$K_s = \cdots$

B. Esnek Olmayan Çarpışma

13. Disklerin etrafına yapışkan şeritleri yapışkan kısmı içte kalacak şekilde sarınız.

14. 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.

15. Elinizin alıştığına kanaat getirdikten sonra, ark kronometresini açınız. Ark pedalına ve hava pedalına aynı anda basarak diskleri atınız.

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

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

f=...

A=1/f =.....

şeklinde bulunur.

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

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

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

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

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

19. 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.

20. 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.

21. 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.

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

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

22. Çarpışmadan önce ve sonra toplam kinetik enerjileri bulunuz ve sonuçlarınızı tartışınız.

$K_i = \cdots$

$K_s = \cdots$

23. 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 ÇARPIŞMA

DENEYİN AMACI:

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

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,

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

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

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

bulunur. Bu bağıntıdan, kütle merkezinin hızı,

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

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

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

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

$$\sum K_i > \sum K_s \rightarrow \frac{1}{2}m_1 v_1^2 + \frac{1}{2}m_2 v_2^2 > \frac{1}{2}(m_1 + m_2)v^2$$

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

$$v_1^2 + v_2^2 > 2v^2$$

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

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

denklemiyle hesaplanabilir.

ÖN ÇALIŞMA: *Aşağıdaki soruları cevaplayınız.*

1. Tamamen esnek olmayan çarpışmaya örnekler veriniz.

DENEYİN YAPILIŞI:

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

2. Hava masası üzerine iz kağıdını yerleştiriniz.

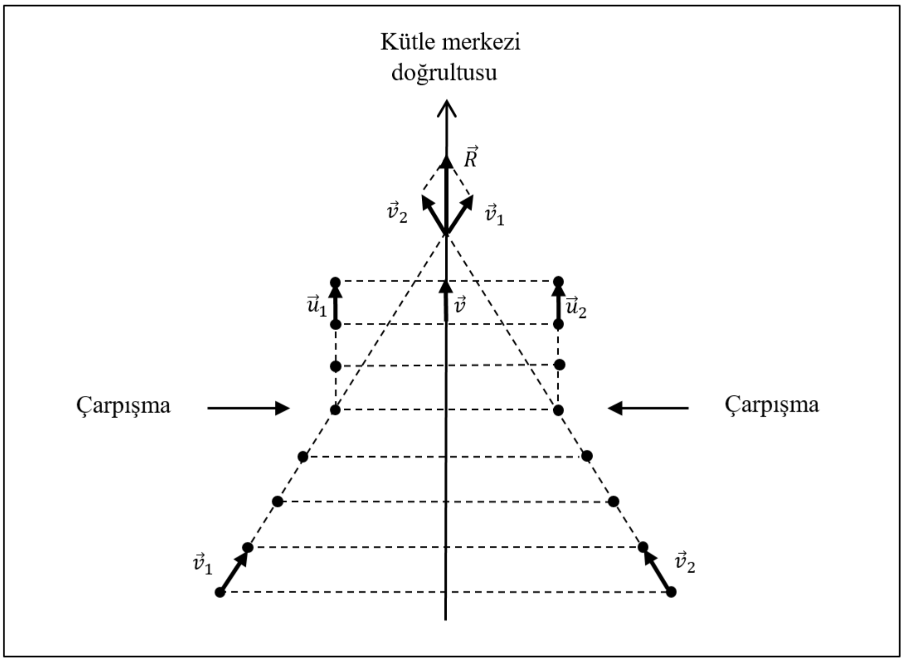
3. Disklerin çevresine yapışkan yüzeyleri dışa gelecek şekilde yapışkan şeritleri sarınız. Disklerin birini sol alt, diğerini sağ alt köşeye yerleştiriniz**.**

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. Ark pedalına ve hava pedalına aynı anda basarak diskleri atınız.

6. İz kağıdını hava masasının üzerinden alınız. Şekil 1'deki gibi bir desen elde etmelisiniz. Devam etmeden önce, iz kağıdınızı deney sorumlusuna kontrol ettiriniz.



Şekil 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.

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

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

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

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 $\vec{v}_1 + \vec{v}_2$'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.

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):

$$F = -kx$$

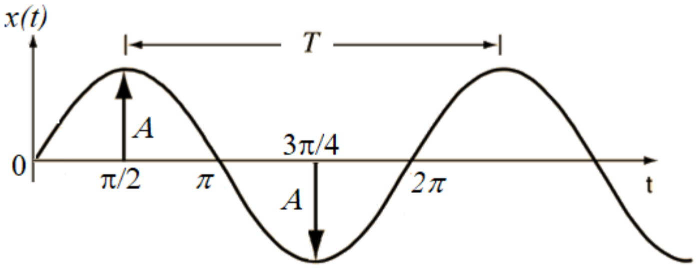
Böyle bir kuvvet etkisinde cismin yaptığı harekete *basit harmonik hareket* denir ve cismin yerdeğiştirmesi

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

denkleminin çözümünden

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

şeklindedir. Burada A hareketin genliği, ω açısal frekansı ve δ da faz açısıdır. Yerdeğiştirmenin zamana göre değişimi faz açısının sıfır olduğu durum için Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Basit harmonik harekette yerdeğiştirmenin zamana göre değişimi

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

$$x = A\,sin\omega t$$

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

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

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

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

elde ederiz. Hareketin periyodu,

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

ile verilir.

ÖN ÇALIŞMA: *Aşağıdaki soruları cevaplayınız.*

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			

DENEYİN YAPILIŞI:

A. Yay Sabitlerinin Tayini

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

φ = …

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

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:

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

Birinci yay için yay sabitini bulunuz:

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

5. Diğer yay için yay sabitini bulunuz:

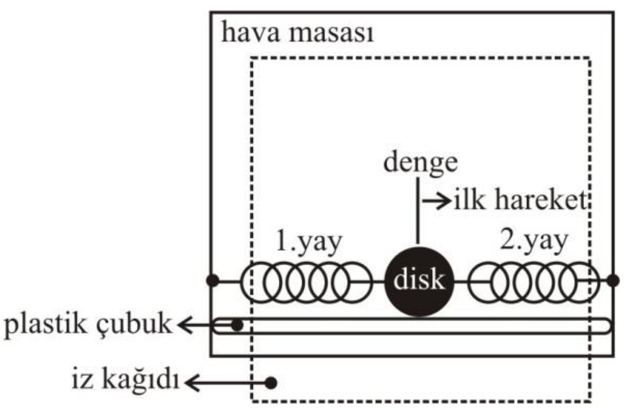
$x_2 = \cdots$

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

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

6. Yay sabitlerini belirlediğiniz yayları ve disklerden birini kullanarak Şekil 2’deki düzeneği kurunuz. Basit harmonik hareketi incelemek üzere aşağıdaki adımları takip ediniz. Diskin kütlesini not alınız.

$m_{disk} = \cdots$

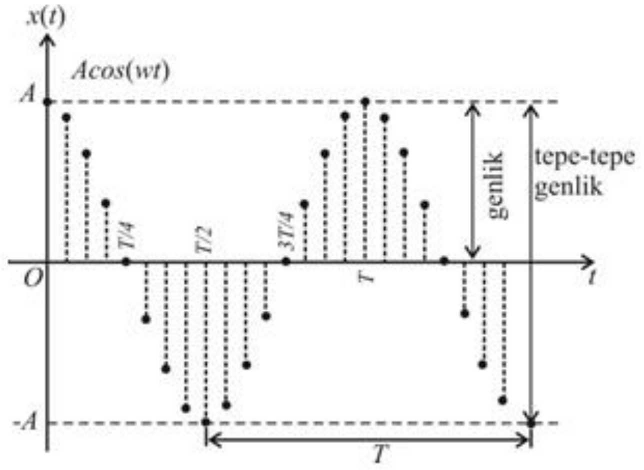


Şekil 2. Basit harmonik hareket deney düzeneği

7. 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 3'dekine 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 3. Örnek iz deseni ve işaretlemeler

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

f=…

$A' = 1/f = \cdots$

şeklinde bulunur.

9. 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:

$T = aralık\ sayısı\ x\ A' = \ldots$

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

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

$F_{net} = -k_1x - k_2x = -(k_1 + k_2)x = -k_{eş}x$

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, Madde "***9***" da 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- …