



ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ  
FEN - EDEBİYAT FAKÜLTESİ  
DERS NOTU



# MEKANİK LABORATUVARI



ADANA – 2020

## İKİNCİ BASKIYA ÖNSÖZ

2010 yılında Arş. Gör. İlker ÖZŞAHİN, Arş. Gör. Gönül AKÇA, Ali ÇETİNKAYA, Şevket ŞİMŞEK, Ayşe AKYOL, Deniz TAKCI, Birsen KESİK ve Gülay ALTINDEMİR tarafından hazırlanan Mekanik Laboratuvarı deney föyü tekrar gözden geçirilerek düzenlenmiştir. Laboratuvar dersini alan öğrencilerin daha kolay anlayacağı ve kullanacağı şekilde ikinci baskı hazırlanmıştır. Deneylerin amacı öğrencilerin teorik olarak gördükleri konuları deneyerek gözlemlerini sağlamak, olası hata kaynaklarına dikkat çekmektir.

Föylerin yeniden hazırlanması Prof. Dr. Ayşe Polatöz koordinatörlüğünde Fizik Bölümünün bütün öğretim elemanlarının katkısı ile yapılmıştır. Bu föylerin tamamı ilgili bölümden sorumlu öğretim elemanları tarafından ayrıca İngilizceye de çevrilmiştir. En sonunda bütünlüğü sağlamak açısından bütün deney föyleri Metin Özdemir tarafından okunarak gerekli düzenleme ve düzeltmeler yapılmıştır.

Eylül 2020, Adana

Prof. Dr. Metin Özdemir

## ÖNSÖZ

Temel bilimlerin deneysel çalışma olmadan gerçeklik kazanması düşünülemez. Fizik öğrenmek, doğayı anlamak, ancak deneyle mümkündür. Fizikteki kuramlar ancak deney yapılarak doğrulanabilir. Bazen deney kuramın önüne de geçebilir, bu nedenle deney bilimi geliştiren temel unsurlardan birisidir.

Mekanik laboratuvarı birinci sınıf öğrencilerinin alması gereken fizik laboratuvarıdır. Bazı deneyler gösteri deneyi şeklinde ve günlük yaşantınızdan örneklerle dolu olacak, böylece temel fizik yasalarının uygulamalarını öğreneceksiniz.

Yapacağımız deneylerde birçok elektronik ölçüm aletleri, devre elemanları ve elektriksel güç kaynakları kullanacaksınız. Bu nedenle hem deney araç ve gereçlerini özenli kullanmanız, hem de bu deney aletlerini sizden sonra gelecek öğrencilere sağlam bir şekilde devretmeniz büyük önem taşımaktadır. Dersten yüksek verim almak için bilinçli deney yapmak çok önemlidir. Yapacağınız deney için mutlaka ön çalışma konusunu okuyup gelmeniz ve konu ile ilgili soruları yanıtlamak için çeşitli kaynaklardan faydalanarak hazırlık yapmanız gerekmektedir. Deneyi sadece aletlerle değil, mutlaka düşünerek ve sorgulayarak yapınız.

Fiziksel kavramları özümstedikçe ve bu yasalar arasında bağlantı kurmaya başladıkça, çevrenizde gerçekleşen olayları yorumlayabildiğinizi ve bunun size ne kadar büyük bir zevk verdiğini keşfedeceksiniz. İşte o zaman fen okuryazarı olacak ve öğrendiğiniz, öğreneceğiniz, yaptığınız ve yapacağınız şeylere değer vereceksiniz.

Adana, Ağustos 2010

Prof. Dr. Yüksel UFUKTEPE

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa
<b>EMEĞİ GEÇENLER</b>	4
<b>MEKANİK LABORATUARINA GİRİŞ</b>	
Mekanik Laboratuarında Uyulması Gereken Kurallar	5
Ölçme, Belirsizlik (hata), Hassasiyet ve Anlamalı Rakamlar	6
Grafik Çizme	10
Hesap Makinesi Kullanımı:	13
Hava Masasına Giriş	14
1. DENEY: KUVVET MASASI	
2. DENEY: DÜZGÜN DOĞRUSAL HAREKET	
3. DENEY: SABİT İVMELİ HAREKET	
4. DENEY: EĞİK ATIŞ	
5. DENEY: YERÇEKİMİ İVMESİNİN ÖLÇÜLMESİ	
6. DENEY: ESNEK VE ESNEK OLMAYAN ÇARPIŞMA	
7. DENEY: DÖNEM SONU GÖSTERİ DENEYLERİ	

**EMEĞİ GEÇENLER:**

<b>Deney Adı</b>	<b>Sorumlu Öğretim Üyesi</b>	<b>Görevli Arş. Gör. / Öğr. Gör.</b>
Giriş	Prof.Dr. Faruk KARADAĞ	Arş.Gör. Dr. Gönül AKÇA
Kuvvet Masası	Prof.Dr. Zehra YEĞİNGİL	Arş.Gör. Volkan ALTUNAL
Düzgün Doğrusal Hareket	Prof.Dr. Bekir ÖZÇELİK	Arş.Gör. Dr. Mehmet GÜRSUL
Sabit İvmeli Hareket	Prof.Dr. Eda EŞKUT	Arş.Gör. Dr. Mehmet GÜRSUL
Eğik Atış	Prof.Dr. Hamide KAVAK	Arş.Gör. Dr. Z. Gizem PORTAKAL UÇAR
Yerçekimini ivmesinin Hesaplanması	Prof.Dr. Aysun AKYÜZ	Arş.Gör. Dr. Sibel AKÇA ÖZALP
Esnek ve Esnek Olmayan Çarpışma	Prof.Dr. Aysel KAYIŞ TOPAKSU	Arş.Gör. Dr. Z. Gizem PORTAKAL UÇAR
Dönem Sonu Gösteri Deneyleri	Prof.Dr. İsa DUMANOĞLU	Arş.Gör. Dr. Doğan ÖZASLAN

## 1. Mekanik Laboratuvarında Uyulması Gereken Kurallar

1. Her deneyin başında deney ile ilgili bilgiler verildiğinden laboratuvar dersine zamanında katılmak önemlidir. Derslere, başlangıç saatinden 15 dakikadan daha geç gelen öğrenciler, o laboratuvar çalışmasına alınmaz.
2. Her öğrenci çeşitli şekillerde (internette, ders saatinde, panolarda vs.) öğrencilere ilan edilecek gruplarla birlikte derslere katılmalıdır. Önemli bir gerekçe olmadığı sürece grup değişikliği yapılmaz.
3. Öğrenciler laboratuvar ders notlarına fizik bölümünün internet sayfasından (<http://fizik.cu.edu.tr>) ulaşabilirler. Öğrenciler laboratuvara gelirken yapacağı deneye ait ders notlarının çıktısını getirmekle yükümlüdür. Ders notları olmayan öğrenciler söz konusu laboratuvar dersine kabul edilmez.
4. Öğrencilerin devamsızlıkları, bir dönemdeki toplam deney saatlerinin %20'sinden fazla olamaz. Mazeretsiz olarak %20'den fazla devamsızlık yapan öğrenciler laboratuvar dersinden veya dersin laboratuvar kısmından devamsızlık nedeniyle başarısız sayılırlar.
5. Her öğrenci o gün yapacağı deneyi kavrayabilmek, deneyi sağlıklı ve hızlı bir şekilde yapabilmek için laboratuvara hazırlıklı gelmelidir. Föyünüzde o haftaki deneyle ilgili "Ön Çalışmalar" kısmını okuyup size yönlendirilen soruları doldurmanız gerekir. Her hafta yapacağımız deneylerle ilgili olarak derse başlamadan önce küçük bir sınav (quiz) yapılacaktır. Doldurduğunuz ön çalışmalar kısmını ve yapılan sınav her deneyin başında laboratuvar görevlileri tarafından kontrol edilir ve o deneye ait rapordan alacağınız nota belirli oranlarda etki eder.
6. Öğrencilerin dönem sonunda alacağı ders notuna, deney başlangıcında yapılacak küçük sınavlar, deney esnasındaki performansı, deney rapor notları, ara sınav notu ve dönem sonunda yapılacak final sınavı notu belirli oranlarda etki edecektir. Bu oranlar dönem başında laboratuvar görevlileri tarafından sizlere duyurulacaktır. (**Önemli Not:** Deneyleri dersin parçası olarak alan öğrencilerin değerlendirilmesi farklı olacaktır. Bu öğrenciler için dersin lab kısmı için ara sınavı ve final sınavı yapılmayacaktır. Sadece küçük sınavlar ve lab raporlarından alınan notlar kullanılarak devamı sağlayanlar için dönem sonu notu hesaplanacaktır. Bu not belirli bir değerin altında ise öğrenci dersin teorik kısmından aldığı notlara **bakılmaksızın** bu dersten başarısız sayılacaktır.)
7. İlk ders saatinde, dönem boyunca kullanacağınız deney araç ve gereçlerinin kullanım amacı ve nasıl kullanılacağı sizlere gösterilecektir. Deneylerde, elektrik gerilimi küçük ve çabuk zarar görebilen devre elemanları ve hassas düzenekler mevcuttur. Bu nedenle kullanacağınız deney aletlerine zarar vermemek için, deney düzenliğini dikkatli bir şekilde kurduktan sonra devreye güç vermeden laboratuvar görevlilerine devreyi kontrol ettirmeniz çok önemlidir.
8. Her öğrenci deneyi bitirdikten sonra deney föyünde bulunan rapor kısmını ders saati içinde dolduracak ve ders saati sonunda laboratuvar görevlilerine teslim edecektir. Bu nedenle her öğrencinin deneye gelirken o deneyle ilgili getirmesi gereken hesaplama ve ölçüm araçlarını yanında bulundurması gerekir.

9. Laboratuvar görevlileri tarafından gerekli görülürse, belirlenen bir günde belirli sayıda deney için, mazeretli öğrencilere telafi hakkı verilir.

## 2. Ölçme, Belirsizlik (hata), Hassasiyet ve Anlamlı Rakamlar

Etrafımızdaki dünyayı anlamak için yapılan araştırmalarda bilim insanları ölçülebilen fiziksel nicelikler arasındaki ilişkiyi bulmak ister. Ölçümler fiziğin önemli bir kısmıdır fakat hiçbir ölçüm mutlak kesinlikte değildir. Her ölçüme bağlı belirsizlikler vardır. Belirsizlik, ölçümü yapan kişinin hatası, ölçüm aletinin hassasiyetinin sınırlı olması, çevre koşulları gibi bir çok farklı nedenden kaynaklanabilir.

Örneğin bir tahta parçasının genişliği ölçülürken, en küçük bölmesi 1 mm olan bir cetvel kullanılıyorsa, sonucun ancak 1 mm kadar duyarlı olduğu iddia edilebilir. Tahtanın genişliği 5.6 cm olarak bulunduğunda, sonuç  $5.6 \pm 0.1$  cm olarak ifade edilebilir. Buradaki 0.1 belirsizliktir. Bunun anlamı, genişlik 5.5 cm ile 5.7 cm arasında bir değere sahiptir demektir.

Bazı durumlarda ölçülen değerdeki belirsizlik açıkça belirtilmemiş olabilir. Bu durumda belirsizliğin genellikle en son basamaktaki bir veya birkaç birime eşit olduğu varsayılır. Örneğin uzunluk 5.6 cm olarak verilmişse, belirsizliğin 0.1 cm veya 0.2 cm olduğu farz edilebilir. Eğer 5.6 yerine 5.60 yazılmışsa bu belirsizliğin 0.01 cm olduğu anlamına gelir. Yani gerçek değer 5.5 ile 5.7 arasında olduğu bilinmesine rağmen, onun muhtemelen 5.59 ile 5.61 arasında olduğu ifade edilmiş olur. Bir sayının, güvenilirliği bilinen rakamlarının sayısı, anlamlı rakam sayısı olarak adlandırılır.

### Örnekler

5327 sayısında, 4 anlamlı rakam vardır

0.035 sayısında 2 anlamlı rakam (soldaki sıfırlar sayılmaz)

50.0 sayısında 3 anlamlı rakam vardır (sağdaki sıfırlar ise sayılır).

### 2.1 Hesaplamalarda anlamlı rakamlar

Ölçüm ya da hesap yaparken en son hesaplanan değerde, kullanılan sayılarda geçerli olandan daha fazla anlamlı rakam bulundurma isteğinden kaçınılmalıdır. Bu yüzden hesaplama yaparken belirsizliklerin ayrıntılı bir biçimde düşünülmediği durumlarda kaba olarak geliştirilmiş genel bir kural vardır.

- Çarpma ya da bölme işlemi yapılırken sonuçtaki anlamlı rakam sayısı yapılan hesaplamada kullanılan **en az anlamlı rakama sahip olan sayıdaki kadar** olmalıdır.
- Toplama ve çıkarma işlemlerinde sonuçtaki ondalık basamak sayısı toplamdaki herhangi bir terimin **en küçük ondalık basamak sayısına** eşit olmalıdır.

**Alıştırma 1:** Örneğin dikdörtgen biçimindeki tarlanın çevresini ve alanını ölçmek istediğimizi varsayalım. Tarlanın uzun kenarı 38.44 m, kısa kenarı ise 19.5 m olsun. İlk olarak çevresini hesaplayalım.

$$\text{Çevre} = 38.44 + 38.44 + 19.5 + 19.5 = 115.88 \text{ m}$$

Bu cevaptaki hassasiyet 0.01 m'dir. Fakat gerçek cevabın 0.01 m hassasiyette olmadığı açıktır çünkü hesaplamada daha az hassasiyete sahip sayılar kul-

lanılmıştır. Cevabın en fazla 0.1 m veya 0.2 m belirsizlikle 115.9 olduğunu söyleyebiliriz.

Şimdi bu tarlanın alanını hesaplayalım.

$$\text{Alan} = 38.44 \times 19.5 = 749.58 \text{ m}^2$$

Elde edilen sonuçta beş adet anlamlı rakam vardır. Çarpılan sayıların birinde dört, diğerinde ise üç anlamlı rakam bulunmaktadır. Bu sayı, anlamlı rakamlarla çarpma işlemi kuralı hatırlanarak, en fazla üç anlamlı rakama sahip olmak üzere 750'ye yuvarlanmalıdır.

**2.2 Yuvarlama:** Yuvarlama, en küçük anlamlı sayının sağındaki sayı beşe eşit veya beşten büyükse en küçük anlamlı rakamın değeri bir arttırılır. Örneğin, anlamlı rakam sayısı iki olacak şekilde 7.54 sayısı yazılmak istenirse, 4 sayısı atılarak 7.5 yazılır. Eğer 7.55 sayısı iki anlamlı rakama sahip olacak şekilde yazılmak istenirse yuvarlanarak 7.6 yazılır.

**2.3 Doğruluk ve Hassasiyet:** Doğruluk genel olarak ölçülen değer gerçek değerine ne kadar yakın olduğunun bir ölçüsüdür. Hassasiyet ise aynı şartlar altında tekrarlanan bir ölçümde ölçülen değerlerin birbirlerine ne kadar yakın olduklarının bir ölçüsüdür. Bu iki kavram sık sık karıştırılır ve her ne kadar bazen aynı anlamda kullanılırsa da ikisi aynı şey değildir. Bir ölçümün hassas olması sonucun doğru olduğunu göstermez. Bir ölçüm doğru olabilir, hassas olabilir, hem doğru hem hassas olabilir veya her ikisi de olmayabilir.

**Soru 1:** 4.5 cm ve 3.25 cm'lik kenarlara sahip bir dikdörtgenin alanı hangi seçenekte doğru olarak verilmiştir?

a)  $14.625 \text{ cm}^2$

b)  $14.63 \text{ cm}^2$

c)  $14.6 \text{ cm}^2$

d)  $15 \text{ cm}^2$

## 2.4 Bilimsel Gösterim

Yaygın olarak sayılar 10'un kuvveti olarak yazılır, buna bilimsel gösterimle yazma denir. Örneğin 36,900 sayısı  $3.69 \times 10^4$  olarak, 0.0021 sayısı ise  $2.1 \times 10^{-3}$  olarak yazılır. Bilimsel gösterimin bir avantajı, anlamlı rakam sayısını açıkça ifade etmesidir. 36,900 sayısının kaç anlamlı rakama sahip olduğu açık değildir. 10'un kuvvetleri şeklinde yazılırsa bu belirsizlikten kurtulmak mümkün olabilir.  $3.69 \times 10^4$  sayısının 3 tane,  $3.690 \times 10^4$  sayısının da 4 tane anlamlı rakamı vardır.

**Soru 2:** Aşağıdaki sayıların her birini bilimsel gösterimle yazınız ve anlamlı rakam sayılarını belirtiniz.

a) 0.0258 =

b) 42,300 =

c) 344.50 =

**Alıştırma 2:** Şimdi kenar uzunlukları  $a = 3.1$  cm,  $b = 119.2$  cm ve  $c = 0.5$  cm olan dikdörtgenler prizması şeklindeki bir cismin yüzey alanları toplamını ve hacmini hesaplayalım.

$a = 3.1$  cm (2 anlamlı rakam)

$b = 119.2$  cm (4 anlamlı rakam)

$h = 0.5$  cm (1 anlamlı rakam)

**Not:** Anlamlı rakam sayısını elde etme işlemi, üç çarpma işlemi yaptıktan sonra çarptığınız üç sayı arasında en az anlamlı rakama sahip olan sayının anlamlı rakam sayısına göre yapınız.

Önce prizmanın hacmini hesaplayalım:

$$V = 3.1 \times 119.2 \times 0.5 = 369.52 \times 0.5 = 184.76 \text{ cm}^3 \text{ (5 anlamlı rakam)}$$

Çarpılan sayılar içinde en az anlamlı rakama sahip sayı sadece 1 anlamlı rakama sahiptir, bu nedenle sonuç 1 anlamlı rakam içermelidir ve buna uygun yuvarlama yapılmalıdır; 184.76 sayısında "1" rakamından bir önceki rakam (8), 5'ten büyük olduğu için "1" rakamı "2" rakamına yuvarlanır. Sayının değerini korumak için, sayı 1 anlamlı rakam içerecek biçimde üstel şekilde yazılır. Sonuç

$$V = 2 \times 10^2 \text{ cm}^3$$

olur. Şimdi yüzey alanlarının toplamını hesaplayalım:

$$YA = 2(ab + bc + ac);$$

$$a \times b = 3.1 \times 119.2 = 369.52 \text{ (5 anlamlı rakam)} ; a \times c = 3.1 \times 0.5 = 1.55 \text{ (2 anlamlı rakam)}$$

$$b \times c = 119.2 \times 0.5 = 59.6 \text{ (3 anlamlı rakam)} ; b \times a = 119.2 \times 3.1 = 369.52 \text{ (5 anlamlı rakam)}$$

$$a \times h = 3.1 \times 0.5 = 1.55 \text{ (2 anlamlı rakam)} ; a \times c = 3.1 \times 0.5 = 1.55 \text{ (2 anlamlı rakam)}$$

$$YA = 2(3.6 \times 10^2 + 0.6 \times 10^2 + 3.7 \times 10^2) = 1.6 \times 10^3 \text{ cm}^2 \text{ (2 anlamlı rakam)}$$

Böyle işlemlerde toplama yapabilmek için 10'un kuvveti şeklindeki çarpanlar aynı olmalı. Ayrıca bir sayı sabit bir sayıyla çarpılırsa, anlamlı rakam sayısı değişmez.



## 2.5 Birimler ve SI Birim Sistemi

Fizik yasaları temel büyüklükler cinsinden ifade edilir. Ölçme; birim kullanılarak bir büyüklüğün rakamlarla ifade edilmesidir. Bütün fiziksel ölçümleri tanımlamak için gerekli sadece 7 temel fiziksel temel birim vardır. Bunlar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir. Mekanikte üç temel büyüklük vardır. Bunlar uzunluk (L), zaman (T) ve kütle (M) dir. Bugün dünyada kullanılan iki temel ölçüm sistemi vardır. Bilimsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılan Uluslararası Birim Sistemi (Fransızca: *Système international d'unités*, kısaca SI/ MKS)'dir. Temel olarak Birleşik Devletlerde kullanılan ikinci sistem İngiliz Sistemidir (CGS).

Nicelik	Birim	Sembol
Uzunluk	Metre	m
Zaman	Saniye	s
Kütle	Kilogram	kg
Elektrik Akımı	Amper	A
Sıcaklık	Kelvin	K
Madde Miktarı	Mol	mol
Işık Şiddeti	Kandil	cd

**Not:** Kütle birimi 19 Mayıs 2019 tarihinde toplanan Uluslararası Ağırlıklar ve Ölçüler Komitesi tarafından Planck sabitinin ( $h$ ) sayısal değerinin  $J \cdot s$  ( $J \cdot s = kg \cdot m^2 \cdot s^{-1}$ ) birimi cinsinden  $6.62607015 \times 10^{-34}$  değerine eşit seçilmesiyle tanımlanmıştır. Yeni tanımla beraber kütle birimi kilogram fiziksel bir sabit üzerinden tanımlanarak daha kararlı hale gelmiştir. Böylece yeni kütle birimi zaman ve uzunluk temel birimlerine de bağlı hale gelmiş oldu.

## 2.6 Birimlerin dönüşümü

Çoğunlukla bir nicelik belli bir birim sisteminde verilir ama biz onu başka bir birim sisteminde ifade etmek isteriz. Örneğin bir masayı 21.5 inç genişliğinde ölçtüğümüzü ve bunu santimetre ile ifade etmek istediğimizi varsayalım. Bu durumda şu işlemi yapmak gerekir:

$$1 \text{ inç} = 2.54 \text{ cm}$$

$$21.5 \text{ inç} = 21.5 \cancel{\text{ inç}} \times \frac{2.54 \text{ cm}}{1 \cancel{\text{ inç}}} = 54.6 \text{ cm}$$

### Alıştırma 3:

1) 57.5 cm kaç m'dir?

$$57.5 \cancel{\text{ cm}} \times \frac{1 \text{ m}}{100 \cancel{\text{ cm}}} = 0.575 \text{ m}$$

2)  $5 \times 10^{-7} \frac{\text{m}}{\text{s}}$  kaç  $\frac{\text{km}}{\text{sa}}$  'dır?

$$5 \times 10^{-7} \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \frac{1 \text{ km}}{1000 \text{ m}} \times \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ sa}} = 18 \times 10^{-7} \frac{\text{km}}{\text{sa}}$$

### 3. Grafik Çizme

Grafikler, deney verilerinin iki boyutlu olarak görsel hale getirilmesiyle veriler arasındaki ilişkinin daha net görülebildiği çizimlerdir. Grafikler ayrıca bazı durumlarda yapılmayan denemelerin de tahmin edilebilmesine olanak sağlar. Örneğin bir cismin 0-100 s aralığında her 10 saniyede bir konumu ölçülmüş olabilir. Bu veriler kullanılarak örneğin 25. saniyede veya 110. saniyede parçacığın konumu tahmin edilebilir. Birincisi bilinen iki veri değeri (20. ve 30. s) arasındaki bir değeri (25. s) tahmin etmek olduğundan bu işlem **interpolasyon** olarak bilinir. İkinci durumda ise ölçülen değerlerin *dışında* bir noktada tahmin yapıldığından işlem **ekstrapolasyon** olarak bilinir.

Verilerin düzenlenmesinde, yorumlanmasında ve sunulmasında grafikler kolaylık ve anlaşılabilirlik sağlar. Grafiklerin kullanımı sadece fen ve matematikle ilgili alanlarla kısıtlı olmayıp, sosyal ve ekonomi ile ilgili alanlarda da önemli bir yer tutmaktadır.

#### 3.1 Grafik Çizerken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

##### Grafik Alanı ve Eksenler

- Grafik kâğıdının uygun görülen miktarı kullanılır.
- Grafik kâğıdına yatay ve dikey eksenler birbirine yakın ölçülerde cetvelle çizilir. Aksi belirtilmedikçe, yatay eksen **bağımsız** değişken, dikey eksen ise **bağımlı** değişken verilerini göstermelidir.
- Eksenlerin uçlarına ok çizilir ve ilgili değişkenin **adı veya sembolü ile birimi yazılır**. Gerekli takdirde, eksenin başına birim yazılırken, değerler uygun bir katsayı ile çarpılmışsa bu değer çarpım olarak birimin yanına yazılır.
- Eksenler, tablodaki ilgili değişkenin aldığı en yüksek ve en düşük değer göz önünde bulundurularak bölmelendirilmelidir. Eksenlerin kesiştiği nokta genellikle sıfır (0) olarak alınır.
- Eksenlerin bölmelendirilmesi eşit aralıklı olmalıdır. **Tablodaki değerler eksenlere yazılarak belirtilmez. Sadece ana bölümlerin değerleri eksenlere yazılır.** Ancak iki eksen birbirinden bağımsız düşünülebilir. Yani bir eksenindeki bölmelendirme ve aralık genişliği, diğer eksen için de aynı olmak zorunda değildir.

#### 3.2 Verilerin Grafik Alanına Yerleştirilmesi ve Grafiğin Çizimi

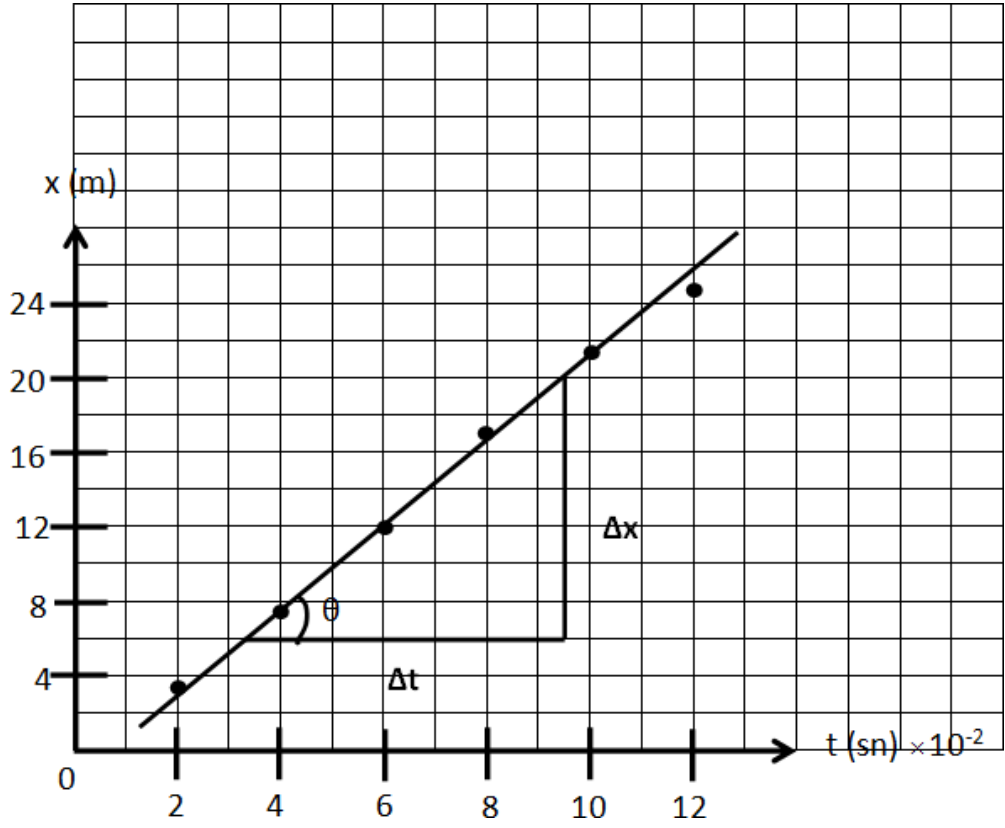
- Eksenlerin üzerinde birbirinin karşılığı olan değerler bulunur ve gözle takip edilerek çakıştıkları nokta işaretlenir. Deneysel noktayı tespit ederken noktanın eksenlere olan uzaklıkları (izdüşümleri) çizilmez.
- Tüm deneysel noktalar tespit edildikten sonra, noktaların oluşturduğu desen doğrusal ise, cetvel ile tüm noktalar birleştirilir; doğrusal değilse noktalar keskin olmayan tek bir çizgi ile birleştirilir. Çizilen doğrunun uzantısı orijinden geçiyorsa, orijinle birleştirilir.
- Doğrusal grafiği çizerken bütün noktalardan geçen bir grafik varsa, bu çizilecek en kesin (doğru) grafikdir. Eğer bütün noktalardan geçen bir doğru yoksa, en çok noktadan geçecek grafik çizilmelidir ve çizilen grafiğin üstünde ve altında eşit sayıda nokta bulunmalıdır veya doğrunun üstünde ve altında kalan noktaların doğruya olan dik uzaklıklarının toplamı eşit olacak şekilde çizim yapılmalıdır.

- Bir deneysel nokta diğerlerinin davranışından çok farklı ve diğerlerinden çok uzak değerlere sahip ise bu nokta grafikte göz ardı edilebilir.

**Alıştırma 4:** Aşağıdaki tabloda bir parçacığın konum-zaman değerleri verilmiştir. Zaman saniye, konum metre cinsinden ölçülmüştür. Burada zaman bağımsız, konum ise bağımlı değişkendir. Bu verilerin grafiğini çizelim.

Yol ( $x$ ) (m)	Zaman ( $t$ ) (s)
3.3	0.02
7.5	0.04
12.0	0.06
17	0.08
21.5	0.1

Aşağıdaki grafikte olduğu gibi verilerin değerleri belirli bir oranda büyütülmüş veya küçültülmüşse, bu oran çarpım olarak ilgili ekseninde belirtilmelidir. Aşağıdaki örnekte yatay eksenindeki verilerin gerçek değerinin  $10^2$  katı grafiğe yerleştirildiği için, bu eksenin yanına çarpım olarak  $10^{-2}$  yazılmıştır. Düşey ekseninde herhangi bir çarpan kullanılmasına gerek kalmamıştır. Genel kural olarak eksenlerde çok küçük veya çok büyük sayıların olmamasına dikkat etmekte fayda vardır. Dikkat edilirse grafiğin eğimi de bulunabilir. Eğim bulunurken deneysel noktaların değerleri değil **çizilen doğru üzerindeki noktalar** kullanılır ve zaman eksenindeki değerler eğim formülünde yerine yazılırken  $10^{-2}$  çarpanı da hesaba katılmalıdır.

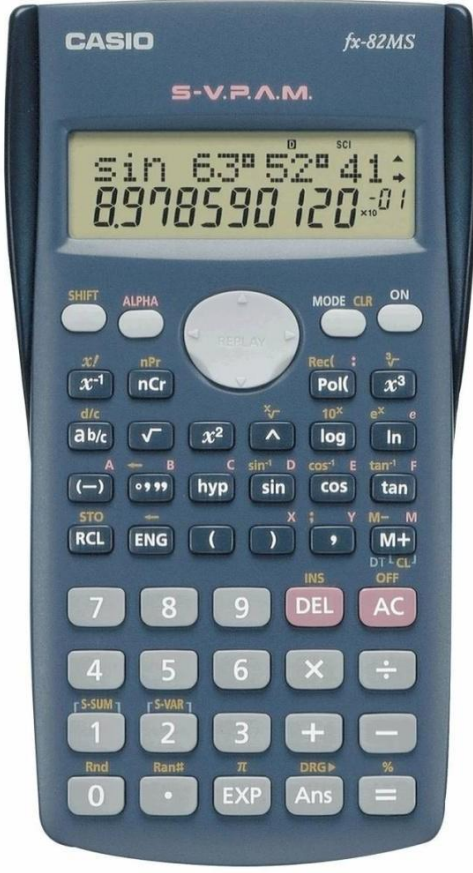


Şekil 1

Doğrunun eğimi aşağıda verildiği gibi hesaplanabilir.

$$\tan \theta = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{20 - 6}{(9.5 - 3.4) \times 10^{-2}} = \frac{14}{6.1 \times 10^{-2}} = 2.3 \times 10^2 \text{ m/s}$$

#### 4. Hesap Makinesi Kullanımı:



Şekil 2

Hesap makinesini kullanırken dikkat edilmesi gereken bazı noktalar vardır. Örneğin yandaki resimde, ekrandaki sonuç nasıl yazılmalıdır? Noktadan sonraki bütün sayıların anlamlı olmadığı açıktır. Bu durumda işlemdeki sayıların anlamlı rakamlarını dikkate alarak uygun sonuç yazılmalıdır. Fakat her işlemde bunu dikkate alamayabiliriz. Dolayısıyla noktadan sonra bir veya iki rakam yazmak uygun olur. Ayrıca sayının sağ üst köşesindeki çarpmanı da dikkate almalıyız. Bu çarpım 10'un kuvveti olarak yazılmalıdır. O zaman bu örnekte yazılacak sayı  $8.98 \times 10^{-1}$  veya  $9.0 \times 10^{-1}$  olmalıdır.

Hesap makinelerinde sık sık kullanılan fonksiyonlardan biri de 'shift' veya 'inv' tuşudur. Shift (veya inv) tuşuna basıldıktan sonra başka bir tuşa basılırsa, o tuşun üzerindeki fonksiyon aktif hale geçer. Örneğin hangi açının sinüsünün 0.67 olduğu hesaplanmak isteniyorsa,  $\sin^{-1}$  fonksiyonunu kullanmamız gerekir. Bunun için de önce shift tuşuna, sonra sin tuşuna basıp daha sonra da 0.67 değerini yazmak gerekir.

## 5. Hava Masasına Giriş<sup>1</sup>

Deneylerin çoğunda kullanılacak olan hava masası, metal disklerin sürtünmesiz bir yüzeyde hareket etmesini sağlar ve sürtünmesiz ortamda ark kayıt tekniği ile hareket halindeki cismin konumunun zamanın bir fonksiyonu olarak kaydedilmesine (işaretlenmesine) izin verir. Hava masası, düz (cam) tabla, ark kronometresi, metal diskler ve hava kompresörü olmak üzere dört temel bileşenden oluşmaktadır.

➔ **Cam Tabla:** Metal disklerin serbestçe hareket edebileceği pürüzsüz bir yüzeye sahiptir. **Elektriksel olarak** iletken karbon kağıdı, deney veri kağıdı ile cam tabla arasına konur ve böylece konum-zaman ölçümleri için her ark, deney veri kağıdı üzerine görülür bir siyah nokta bırakır.

➔ **Ark Kronometresi:** Bu kronometre **10, 20, 30, 40, 50** ve **100 Hz** ark frekansları ile (veya  $1/10$  s,  $1/20$  s,  $1/30$  s ... aralıklarla) deney veri kağıdı üzerine ark oluşturur. Örneğin, **10 Hz** ark frekansı ile ark kronometresi deney veri kağıdı üzerine her 0.1 saniyede bir nokta (dot) oluşturacaktır.

➔ **Metal Diskler:** Bu parçalar çok düzgün yüzeylere sahip katı metal disklerdir. Her bir metal diskin merkezinde basınçlı havanın aktığı bir delik açılmıştır. Cam tabla üzerinde kullanılan iki metal disk, hemen hemen sürtünmesiz ortamda hareket etmesi için hava sağlayan lastik **hortumlara** bağlıdır.

Metal diskin ve cam tablanın düzgün yüzeyleri arasında metal diskin ortasında bulunan delik kanalıyla akmaya çalışan hava, metal diski yüzeyden yukarı doğru iter, böylece metal disk yüzeyden yükselir ve bu durumda ince bir hava tabakası ile desteklenir. Metal disk yeterince ağır olduğu için, cam tabla yüzeyinden çok fazla yükseğe kaldırılamaz, fakat bulunduğu yükseklikte havanın oluşturduğu ince hava tabakası metal diskin **havada süzulebileceği** bir hava **yastığı** gibi neredeyse sürtünmesiz bir yüzey sağlar. Böylece, metal diskler yaklaşık olarak sürtünmenin olmadığı bir yüzeyde kayarlar. Bu, hava masası ürününün en önemli özelliğidir. (Şekil-3).

Ayrıca, metal diskin altında bir elektrot (yüksek voltaj uç) bulunmaktadır. Ark kronometresi anahtarına basılarak çalıştırıldıktan sonra yüksek voltaj ucu beyaz kağıt (deney veri kağıdı) üzerinde eşit zaman aralıklarıyla koyu noktalar (dot) oluşturan kıvılcımlar üretir. Bu nedenle, metal diskin altına bir parça kağıt koyarsak, bu kağıt üzerinde noktalardan oluşan bir



Şekil-3: Hava Masası Deney Seti.

<sup>1</sup> Bu bölüm RenTech firmasının Hava Masası Tanıtım klavuzundan alınmıştır.

iz üreten ark kronometresini kullanarak diskin hareketini kaydedebiliriz. Bu noktalar üzerine yapılan çalışma, hareketli metal disklerin zamanın fonksiyonu olarak konumlarını ölçmemizi sağlamaktadır.



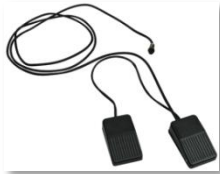
Hava Masası



Ark Kronometresi



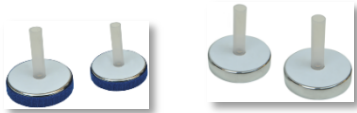
Hava Kompresörü



Ayak Pedalları



Atış Aparatı



Metal Diskler



Eğim için Yükseltici Blok



Yaylar



Yay Tutucu ve Halkalar

➔ **Hava Kompresörü (Hava Pompası):** Hava kompresörü hava masası tablası üzerindeki metal disklere bağlı olan **hortumlara** hava akışını sağlar.

Hava kompresörü çalıştırıldığında, hortumlar boyunca kompresörden metal disklere doğru bir hava akışı oluşturulur. Metal disklerin alt yüzeyi boyunca akan basınçlı hava, metal diskler ile hava masası arasındaki sürtünmeyi azaltır ve böylece metal diskler neredeyse serbestçe hareket eder.

Hava masası deneylerini yapmak için hava masasının üzerine öncelikle bir karbon kağıdı ve daha sonra bir tabla beyaz kağıt (**deney veri kağıdı**) yerleştirilir. Hava masasını dengelemek için üç tane ayarlanabilir ayak bulunmaktadır. Bu yüzden, tüm deneylerden önce, temas yüzeyi bu ayarlanabilir ayaklarla tam olarak düzgün hale getirilmelidir. Hava masası yüzeyi üzerinde hareket eden **metal** diskler, deneylerde parçacık olarak kabul edilir. Ark kronometresi hava hortumları içindeki zincir yoluyla metal disklerle bağlıdır. Ark kronometresi etkin durumda iken metal **diskin merkezi** ile **karbon kağıt** arasındaki deney veri kağıdı üzerinde kıvılcımlar oluşmasına neden olan periyodik bir yüksek gerilim üretir. Ark kronometresi ayak pedalı vasıtasıyla çalışmaktadır. Bu ayak pedalına basarak, metal diskler ve karbon kağıt arasında ark kronometresinden ayarlanabilir bir frekansta sürekli olarak kıvılcım üretilebilir. Daha sonra, deney veri kağıdı üzerinde kıvılcım üretilen zamanlardaki her metal diskin konumunu **gösteren** siyah noktalar belirir.

Her kıvılcım deney veri kağıdı üzerine

**Şekil-4:** Hava Masası Bileşenleri.

bir nokta (dot) üretmektedir ve herhangi bir deneyde metal disklerin hareketi bu noktaların deney veri kağıdı üzerinde oluşturduğu yol kullanılarak incelenebilir. Ark kronometresi üze-

rindeki ayar düğmesi deneye başlamadan önce farklı **kıvılcım frekansları** seçmeyi sağlar. Örneğin, eğer ark kronometresi frekansı  $f = 20$  Hz olarak ayarlanırsa, masa üzerindeki her metal disk bir saniyede deney veri kağıdı üzerine 20 nokta işaretler ve ardışık iki nokta arasındaki **zaman aralığı**  $T=1/20=0.05$  saniye olur. Bu işaretler kullanılarak kullanılan diskin yer değiştirme ölçümü yapılabilir ve ortaya çıkan hız ve ivme değerleri hesaplanabilir. Deneyde kullanılacak hava masası parçaları Şekil-4’de gösterilmiştir.

### 5.1 Hava Masasının Çalışması

Hava masası ile yapılacak ilk deney için, hava masasının nasıl çalıştığını öğrenmek önemlidir. Aşağıda verilen adımları kullanarak hava masasını çalıştırabilirsiniz.

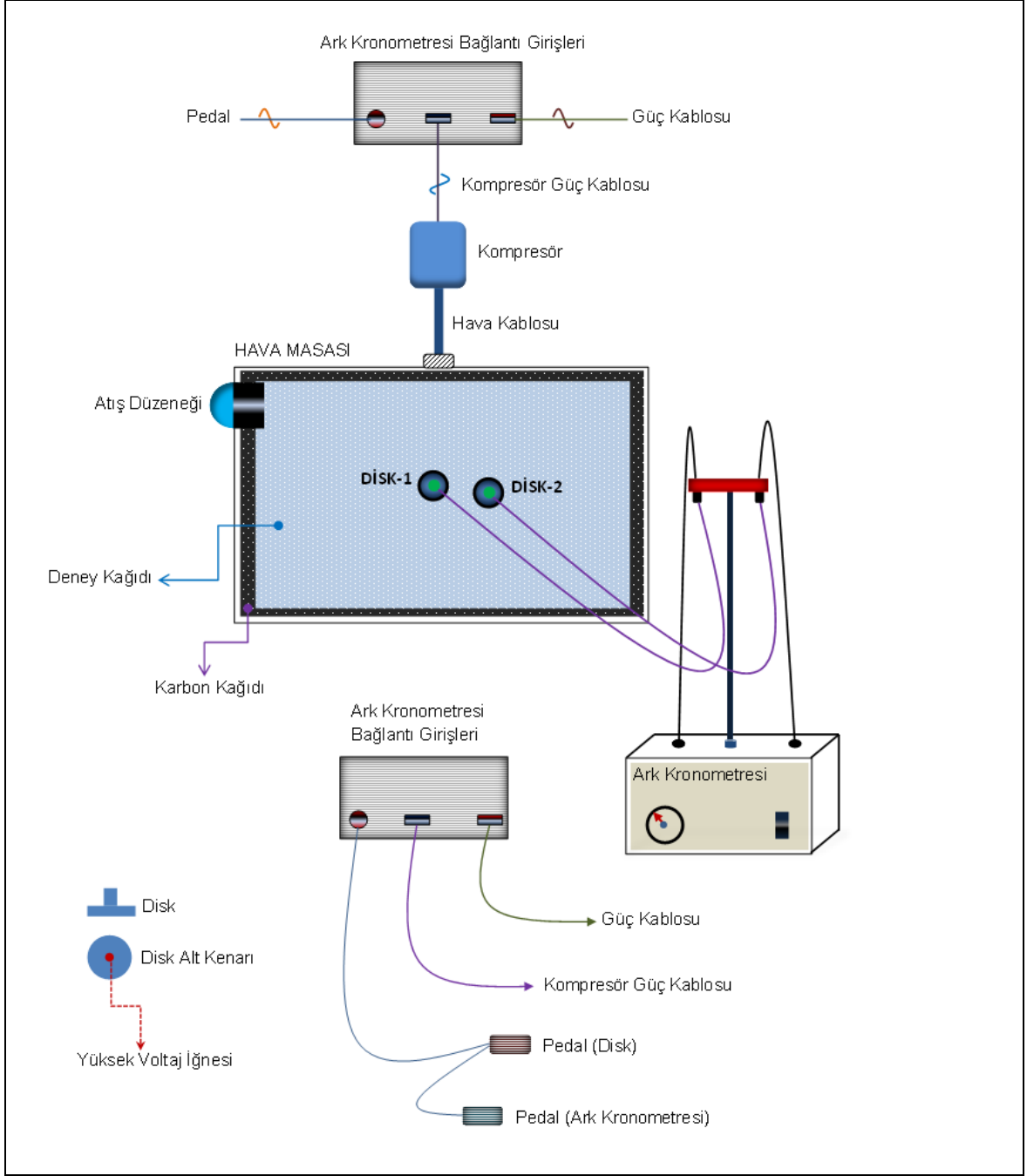
1. İlk olarak **karbon kağıdını** hava masasının cam tablası üzerine yerleştirin. Karbon kağıdını köşelerinden hava masası cam yüzeyine bantlamak gerekli **değildir**. Karbon kağıdı düz ve temiz olmalıdır.
2. Karbon kağıdının üzerine **veri kağıdını** (beyaz deney veri kağıdını) yerleştirin. Bu kağıdı bantla **yapıştırmayın**.
3. **İki metal disk**i masanın ortasına yakın olacak şekilde deney veri kağıdının üstüne **yerleştirin**.
4. Hava masasında iki tane ayak pedalı vardır. Bunlardan biri kompresöre (hava pompasına) **güç sağlamaktadır**, diğeri ise kıvılcım oluşumunu (**S**) başlatmaktadır.
5. Deneyden önce, ayak pedallarından hangisinin hava pompasına güç sağladığını hangisinin kıvılcım oluşumunu başlattığını belirlemek için **test edin**.
6. Pompayı çalıştıran ayak pedalına (**P**) basın ve iki metal diskin herhangi bir sürtünme olmadan deney veri kağıdı üzerinde hareket edip etmediğini gözlemleyin. Metal disklerle bağlı olan hava hortumları serbest ve bükülmemiş olmalıdır.
7. Şimdi, sürünmesiz ortamda hareket halinde olan metal disklerin masa yüzeyinin *merkezinde* hareketsiz kalmalarını sağlayacak şekilde hava masasının ayaklarını **ayarlayın**. Hava masasının ön tarafındaki ayakları ayarlayarak metal disklerin **yanlara hareketini** ortadan kaldırın ve herhangi **arkaya** ve **öne** hareketleri ortadan kaldırmak için arkada bulunan tek ayağı kullanın. Metal diskleri kullanarak uygulanan bu metot, hava masasının seviyesini ayarlamanın kolay yoludur. Sonuçta, metal diskler hava masasının üzerinde herhangi bir yönde hareket etmemelidir. Bu aşama hava masasını “düzeltme” olarak adlandırılır.
8. Hava pompası için ayak pedalına (**P**) basın ve basılı tutun. Yavaşça, iki metal diskinde altından deney veri kağıdını kendinize doğru çekin. Gördüğünüz gibi, veri kağıdı ve metal diskler arasında neredeyse **sürtünme** olmadığından, veri kağıdı kolay hareket edecektir. Şimdi, kısa bir süre için ark kronometresine bağlı olan ayak pedalına (**S**) **basın**, sonra **bırakın**. Bu süre boyunca, metal disklerin altından başka bir kısa süre boyunca veri kağıdını çekin. Bu kağıdı kendinize doğru tamamen çekin ve ayak pedalını (**P**) bırakın.
9. Şimdi, veri kağıdını çevirin ve **siyah noktaları** gözlemleyin. Kıvılcımların üretildiği zamanlardaki her bir metal diskin konumunu gösteren siyah noktalar deney veri kağıdı üzerinde görülecektir. Bu olayın sadece metal disklerin cam tabla üzerindeki karbon kağıdın bulunduğu alan içerisinde olması durumunda gerçekleştiğini unutmayın.
10. Her iki metal disk, kıvılcım işaretlemesi ve veri kağıdı üstünde **noktalar oluşturmak** için karbon kağıdının üzerinde olmak zorundadır. Eğer herhangi bir hareket türü için sadece **bir metal disk** kullanılacaksa, merkezinin karbon kağıdının alanı içerisinde olmaması ve sabit kalması için **diğer metal disk**i hava masasının bir köşesine yerleştirin. Karbon kağıdı elektriksel olarak iletkenidir.



11. Belirli bir deneyde **iki diski de** kullanırken, aynı anda her iki metal diski zaman cinsinden nerede olduğunu belirlemeniz gerekecektir. Her metal disk için **ilk noktayı sıfır olarak işaretlemek kaydıyla** deney kağıdı (veri kağıdı) üzerindeki noktaları **numaralandırın**. Yani, numaralandırmayı her metal diskin hareketine başladığı yerde başlatın. Noktalar, kıvılcım oluştuğu anda metal diskin merkezinin nerede olduğunu gösterecektir. Her metal disk için **sıfır numaralı noktayı** sıfır pozisyonundaki ve sıfır zamandaki **referans yer** olarak kullanın.
12. Pompa (P) ve ark kronometresi (S) ayak anahtarlarını aynı anda etkinleştirmek için bir pedala diğerinin üstüne koyabilirsiniz. İki disk de kendi hareketini tamamlayıncaya kadar her iki anahtarı da basılı tutun. Bu kullanım, her iki ayak pedalının da aynı anda aktif olmasına neden olur.
13. Bazı deneyler, *eğimli bir hava masa* üzerinde yapılacaktır. Eğimli bir hava masası oluşturmak için, masanın arkasındaki ayarlanabilir tek ayağın altına bir tahta blok yerleştirilir. (bu işlem öncesinde, masa “düzeltilmiş” olmalıdır). Eğim açısını ölçmek için bir açıölçer kullanabilirsiniz.
14. Ark kronometresi çalışırken; iletken bölümlere, yüksek gerilim bağlantılarına, metal disklerin hortumlarına ve deney veri veya karbon kağıdına **dokunmayın**.

**Dikkat!**

Ark kronometresi çalışırken, iletken bölümlere, yüksek voltaj uçları veya metal disklerin hortumları ve deney veri ya da karbon kağıdına **dokunmayın**.



**Şekil-5:** Hava masası deney setinin şematik gösterimi.

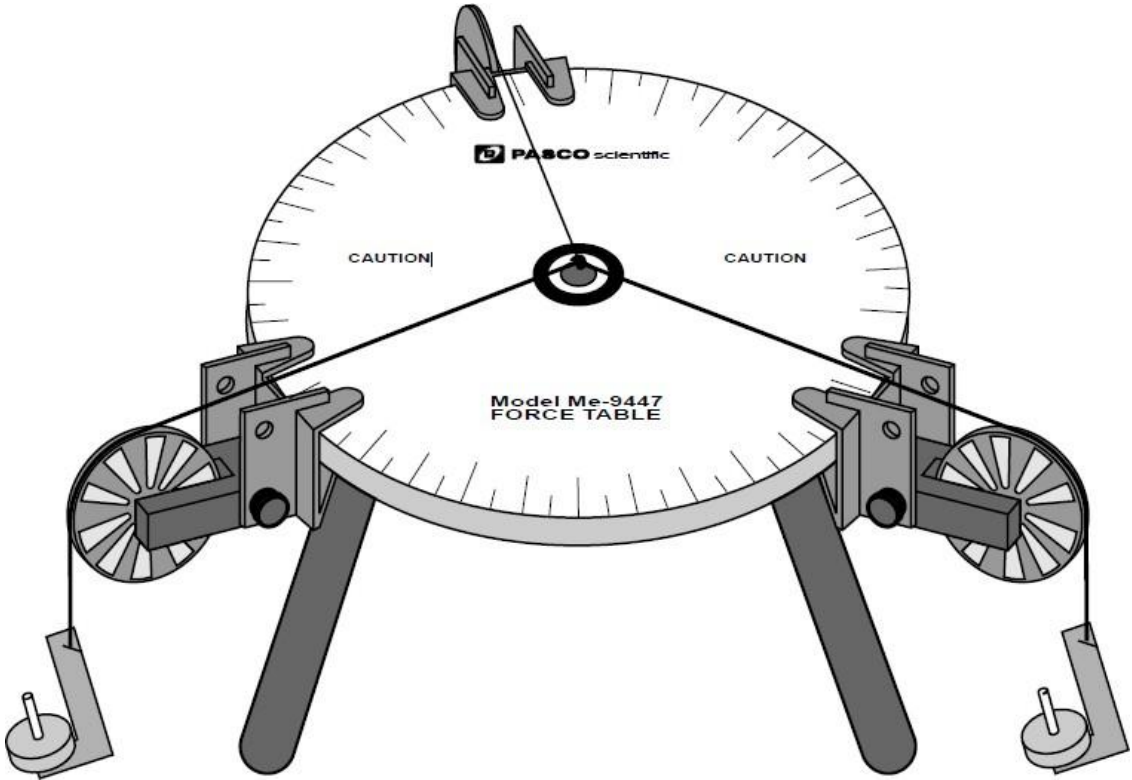
Hava masası deney düzeneğinin şematik gösterimi Şekil-5'te verilmiştir. Hava kaynağı (kompresör), havayı hortumlar vasıtasıyla metal disklere doğru iter. Bu yolla, masa üzerindeki sürtünme etkisi büyük ölçüde ortadan kaldırılır. Oluşturulan bu hava yastıkları üzerinde serbest olarak hareket eden iki metal disk, ark kronometresine elektriksel olarak bağlıdır. Ark kronometresi, başlangıçta farklı kıvılcım frekansları seçerek, düzenli aralıklarla belirli değerlerde ayarlanabilir noktalar (kıvılcımlar) üretir.

Bu kıvılcımlar her bir metal diskin merkezinin konumunu, veri kağıdı üzerine işaretler. Ark kronometresi çalışırken, metal disklerden gelen her kıvılcım, veri kağıdı üzerine siyah bir nokta bırakır. Bu şekilde, hareketli diskin yönü eşit zaman aralıklarında siyah noktalar şeklinde bir ardışık dizi olarak veri kağıdına çizilir. Bu noktalar üzerine yapılacak deneysel çalışma, hareketli metal diskler için zamanın bir fonksiyonu olarak konumu ölçmemizi sağlar.

# DENEY

## 1

# KUVVET MASASI



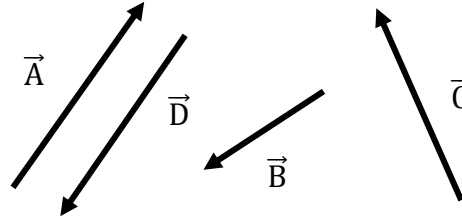
## 1. Amaç

Kuvvetlerin bileşenlerini belirlemek ve bileşke kuvveti bulmak, iki kuvveti dengeleyen diğer bir kuvveti kuvvet masasını kullanarak deneysel olarak bulmak ve bu işlemi kuvvetleri bileşenlerine ayırma ve grafik yöntemleriyle doğrulamak.

## 2. Teori

Fizik, deneye ve ölçmeye dayalı bir bilim dalı olduğundan, ölçme sonuçları kesin ve anlaşılır bir biçimde ifade edilmelidir. Ölçmeleri ifade etmek için kullanılan en basit ve genel dil sayılardır. Fizikte bazı büyüklükler sayılarla ifade edilebildiği halde, bazılarının ifade edilebilmesinde sadece sayılar yeterli değildir. Sayılarla birlikte yönün de belirtilmesi gerekir. Bu nedenle fizikte büyüklükler, skaler ve vektörel büyüklükler olmak üzere iki gruba ayrılır. Vektörel bir nicelik olan kuvvet, büyüklüğü ve yönüyle tanımlanır.

Vektörel büyüklüklerin matematiksel olarak tanımı için şiddetlerinin, doğrultularının, yönlerinin ve uygulama (başlangıç) noktalarının bilinmesi gerekir. Vektörel büyüklükler koyu, büyük veya küçük harflerle (örneğin  $\mathbf{A}$ ,  $\mathbf{a}$ ) veya üzerinde ok olan büyük veya küçük harflerle ( $\vec{A}$ ,  $\vec{a}$ ) gösterilir. Vektörler boyları ile orantılı bir ölçeklenme kullanılarak ok işareti ile yönlerine sadık kalınarak Şekil 1'de gösterildiği gibi temsil edilebilir. Bir vektör yönü ve büyüklüğü aynı kalmak koşuluyla uzayda her yere taşınabilir.



Şekil 1. Vektörlerin temsil edilmesi,  $\vec{A}$  ve  $\vec{D}$  vektörlerinin doğrultuları ve büyüklükleri aynı fakat yönleri terstir.

### 2.1. Vektörlerin Bileşenlere Ayrılması

Bir vektörün bileşenlerinden söz edilmesi için onun bir koordinat sisteminde temsil edilmesi gerekir. Bu derste  $x$  ve  $y$  eksenini olarak adlandırılan iki doğrünün dik kesişiminden oluşan Kartezyen koordinat sistemi kullanılacaktır (Şekil 2). Şekil 2'de  $\mathbf{i}$  ve  $\mathbf{j}$  harfleri ile gösterilen vektörler birim vektörler olarak bilinir, bunların uzunlukları birdir.  $\mathbf{i}$  birim vektörü  $+x$  eksenini,  $\mathbf{j}$  birim vektörü  $+y$  eksenini yönündedir.

Bir vektörü dik bileşenlerine ayırmak için, vektörün başlangıç noktasını,  $x$ - $y$  koordinat ekseninin başlangıcına alınır. Vektörün ucundan  $x$  eksenine dik inilir ve başlangıç noktasını bu noktaya birleştiren vektör  $\vec{A}$ 'nın  $x$  bileşenidir ( $A_x$ ) (Şekil 2). Benzer şekilde  $y$  eksenine

dik inilerek  $A_y$  bileşeni bulunur.  $\vec{A}$  vektörünün  $x$  bileşenini bulmak için vektörün şiddetini,  $x$  eksenine arasındaki açının cosinüsü ile çarpılır. Benzer şekilde  $y$  bileşeni için açının sinüsü ile çarpılır (Şekil 2).

$$A_x = A \cos \theta \quad A_y = A \sin \theta \quad (1)$$

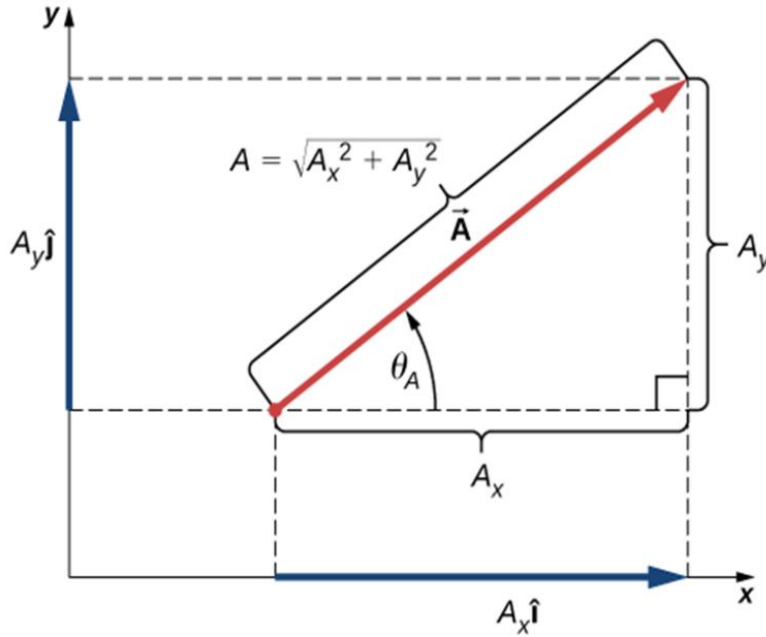
$\theta$  açısının değerine göre  $A_x$  ve  $A_y$  pozitif veya negatif olabilir. Burada görüldüğü gibi vektörün büyüklüğü ( $A$ ) ve yönü ( $\theta$ ) biliniyorsa vektörün bileşenleri bulunabilir. Bunun tersi de doğrudur, yani  $\vec{A}$  vektörünün bileşenleri biliniyorsa vektörün büyüklüğü ( $A$ ) ve yönü ( $\theta$ ) bulunabilir. Bileşenler cinsinden  $\vec{A}$  vektörünün büyüklüğü

$$A = \sqrt{A_x^2 + A_y^2} \quad (2)$$

ile verilir.  $\vec{A}$  vektörünün yönü ise,

$$\tan \theta = \frac{A_y}{A_x} \quad (3)$$

bağıntısından bulunur.

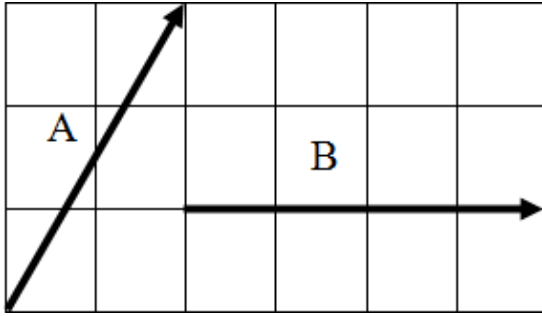


Şekil 2.  $\vec{A}$  vektörünün bileşenleri.

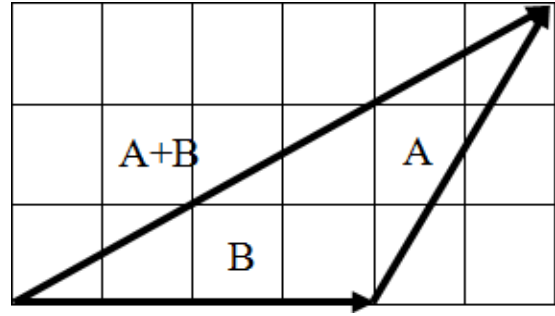
Yukarıda görüldüğü gibi bir vektörü tam olarak tanımlamak için ya bileşenleri ( $A_x$ ,  $A_y$ ) ya da yönü ve büyüklüğü ( $\theta$ ,  $A$ ) bilinmelidir. Vektörlerin yön ve büyüklükleri değişmediği sürece uzayda her yere taşınabileceklerini tekrar hatırlayalım.

## 2.2. Vektörlerin Geometrik Toplanması

Vektörlerin geometrik toplanmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar uç uca ekleme (çokgen) ve paralelkenar yöntemidir. Şekil 3'deki  $\vec{A}$  ve  $\vec{B}$  vektörlerinin toplamı uç uca ekleme yöntemiyle yapılırsa Şekil 4'deki gibi  $\vec{A} + \vec{B}$  vektörü bulunur. Bu işlemi yapmak için vektörleri yön ve büyüklüklerini değiştirmeden uzayda istediğimiz yere taşıyoruz.



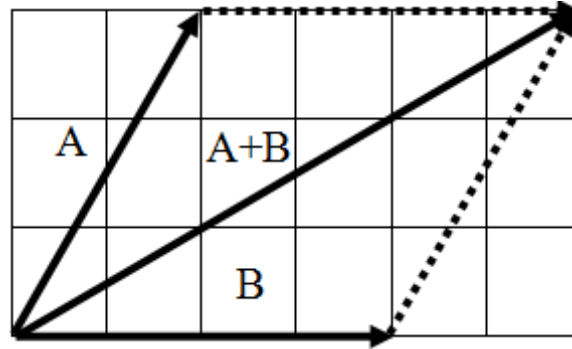
Şekil 3. Vektörler.



Şekil 4. Vektörlerin toplamı.

### Paralel Kenar Yöntemi

Paralel kenar yöntemi ile iki vektörü toplamak için, bu iki vektör uygulama noktaları aynı olacak şekilde bir noktaya taşınır. Daha sonra oluşan şekil paralelkenara tamamlanır. Büyük köşegen çizilerek bileşke vektör  $\vec{A} + \vec{B}$  elde edilir (Şekil 5).



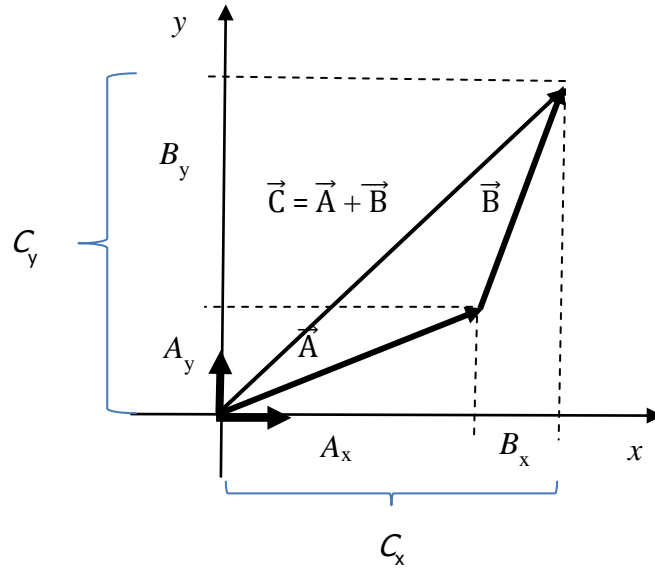
Şekil 5. Paralelkenar metodu.

## 2.3. Vektörlerin Analitik Toplanması

Bu yöntemde vektörlerin bileşenleri biliniyorsa bunların analitik toplamı ile sonuç bulunabilir. Bu nedenle vektörün bir koordinat sisteminde temsil edilmesi gerekir. Şekil 6'da gösterilen  $\vec{A}$  ve  $\vec{B}$  vektörlerinin toplamı

$$(\mathbf{A} + \mathbf{B}) = (A_x + B_x)\mathbf{i} + (A_y + B_y)\mathbf{j}$$

şeklinde yazılabilir.

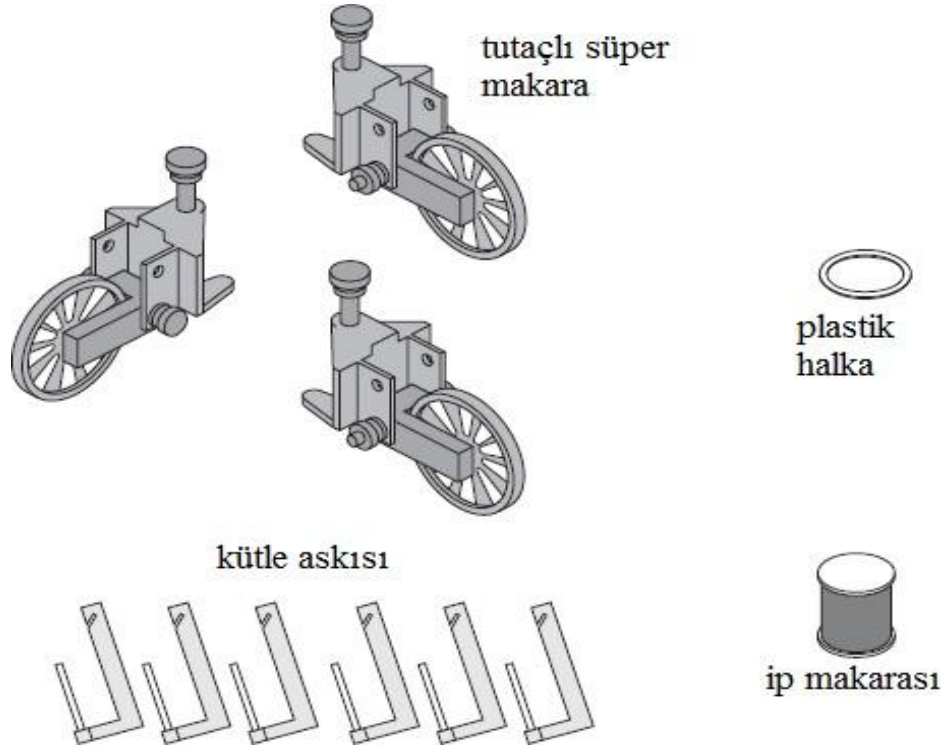


Şekil 6. Vektörlerin analitik toplanması. Koordinat merkezinde koyu gösterilen iki vektör  $\mathbf{i}$  ve  $\mathbf{j}$  birim vektörleridir.

### 3. Deneyde Kullanılan Araç ve Gereçler

Bu deneyde aşağıda verilen araç ve gereçler kullanılmış olup her biri Şekil 7'de gösterilmiştir.

- Kuvvet masası
- Üç adet tutaçlı süper makara
- Üç adet kütle askısı
- Plastik halka
- İp makarası
- Kütle takımı
- Cetvel



Şekil 7. Kuvvet masası aparatının yedek parçaları.

#### 4. Deneyin Yapılışı

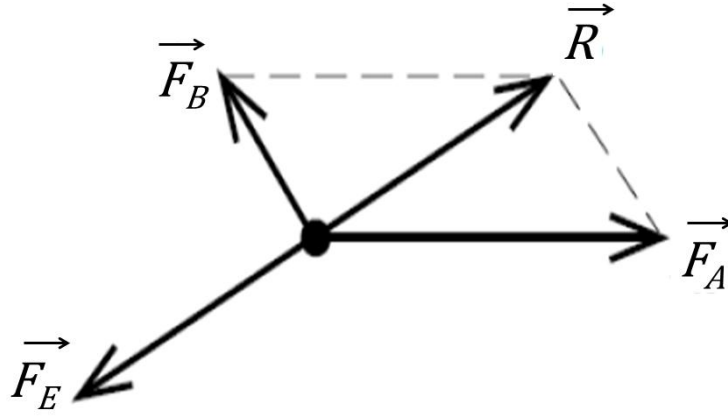
##### 4.1. Dengeleyici Kuvveti Bulmak için Deneysel Yöntem

Değişik açılarda masaya tutturulan iki makaraya takılı kütleler ( $m$ ) ile kuvvet masasına iki kuvvet uygulanır. Bu kuvvetler kütlelere etki eden kütle çekim kuvvetidir (ağırlık). Kütle çekim kuvvetinin büyüklüğü,  $g$  kütle çekim ivmesi olmak üzere  $F = mg$  ile verilir. Üçüncü makaraya asılan kütlelerin büyüklüğü ve bu kütlelerden kaynaklanan kuvvetin seçilen bir yön ile yaptığı açının ayarı, diğer iki kütleyle dengeye getirecek şekilde yapılır. Bu işlem değişik kütleler ve yönler denenecek şekilde yapılır. Bu üçüncü kuvvete dengeyi sağlaması nedeniyle **dengeleyici kuvvet** ( $\vec{F}_E$ ) denir. Dengeleyici kuvvet **bileşke kuvvetle** ( $\vec{R}$ ) aynı büyüklükte fakat zıt yöndedir. Üçüncü kuvvetin büyüklüğü, ilk iki kuvvetin vektörel toplamına eşit olmalıdır. Bu kuvvetler vektörel olarak toplanırsa üçüncü kuvvetin büyüklüğü, ilk iki kuvvetin vektörel toplamına eşit olmalıdır. Bu kuvvetler vektörel olarak toplanırsa

$$-\vec{F}_E = \vec{R} = \vec{F}_A + \vec{F}_B \quad (4)$$

bulunur.





Şekil 8. Dengeleyici ve bileşke kuvvet.

#### 4.2. Dengeleyici Kuvveti Hesaplamak için Bileşenleri Kullanma

İlk iki kuvvetin büyüklükleri ve yönleri bilindiğinden bunların bileşkeleri Denklem (1)'den bulunabilir. Bu amaçla bir koordinat sisteminin seçilmesi ve ona uygun olarak açıların okunması gerekir. Asılı kütleler bilindiğinden kuvvetlerin büyüklükleri zaten biliniyordur ( $F = mg$ ). Kuvvetlerin bileşkeleri ayrı ayrı bulunduktan sonra  $x$  ve  $y$  bileşenleri kendi aralarında toplanarak net kuvvetin  $x$  ve  $y$ -yönlerindeki bileşkeleri ( $R_x, R_y$ ) bulunur.

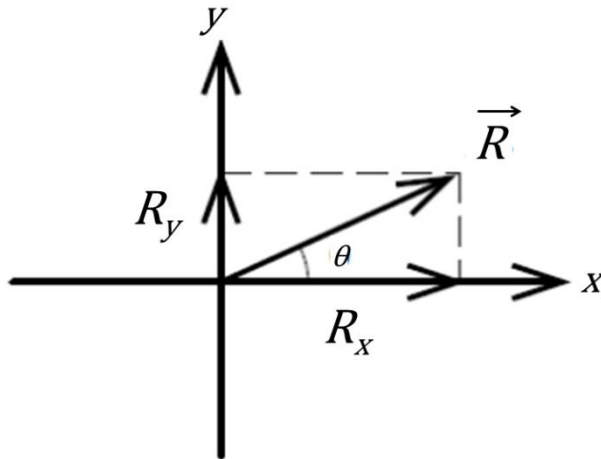
Bileşke kuvvetin bileşenleri bir dik açı yapacak şekilde birleştirilirse, bileşke kuvvetin büyüklüğü

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} \quad (5)$$

ve seçilen koordinat sisteminde trigonometri kuralları kullanılarak bileşke kuvvetin seçilen bir yön ile yaptığı açı

$$\tan \theta = \frac{R_y}{R_x} \quad (6)$$

elde edilir.



Şekil 9.  $\vec{R}$  vektörünün  $R_x$  ve  $R_y$  bileşenleri.

### 4.3 Dengeleyici Kuvveti Bulmak için Grafiksel Yöntem

İki kuvvet, açı ölçer ve cetvel kullanılarak ölçekli bir biçimde çizilerek (paralelkenar yöntemiyle) toplanır. Bileşke kuvvetin boyu, doğrudan çizilen vektörün boyu olarak alınabilir. Açı ise açılı kağıtla ölçülür.

1. Süper makaralardan biri sıfır derecede sabit kalacaktır. İkincisi ise  $0-180^\circ$  arasında herhangi bir yerde durabilir.  $0^\circ$  de duran  $\vec{F}_A$ , diğeri  $\vec{F}_B$  kuvveti olsun. 1. ve 2. kütle askılarına 100 gramı geçmeyecek şekilde farklı kütleler asınız.
2. Daha sonra üçüncü makaranın açısını ve kütle miktarını değiştirerek, bu iki kuvveti dengelemeye çalışınız.

**Soru:** Deneyin yapılış aşamasında 3. kuvvetin ilk iki kuvveti dengelediğini nasıl anlarsınız? Araç ve gereçler arasındaki plastik halka ne işe yarıyor?

#### Hesaplamalar:

1. Astığınız kütlelerin ağırlıklarının hesaplayınız. ( $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ )
2.  $\vec{F}_A$  ve  $\vec{F}_B$ 'nin  $x$  ve  $y$  bileşenlerini hesaplayınız.
3. Bu bileşenleri kullanarak bileşke kuvvetin yönünü ve büyüklüğünü hesaplayınız.
3. Paralelkenar yöntemiyle bulacağınız dengeleyici kuvveti milimetrik kâğıda çiziniz.
4. Açılı kâğıdı kullanarak, bulduğunuz dengeleyici kuvveti (bileşen ve deneysel yöntemle) ve  $\vec{F}_A$ ,  $\vec{F}_B$  ve  $\vec{R}$  kuvvetini çiziniz. (Açılı kağıt Şekil 10'da verilmiştir).

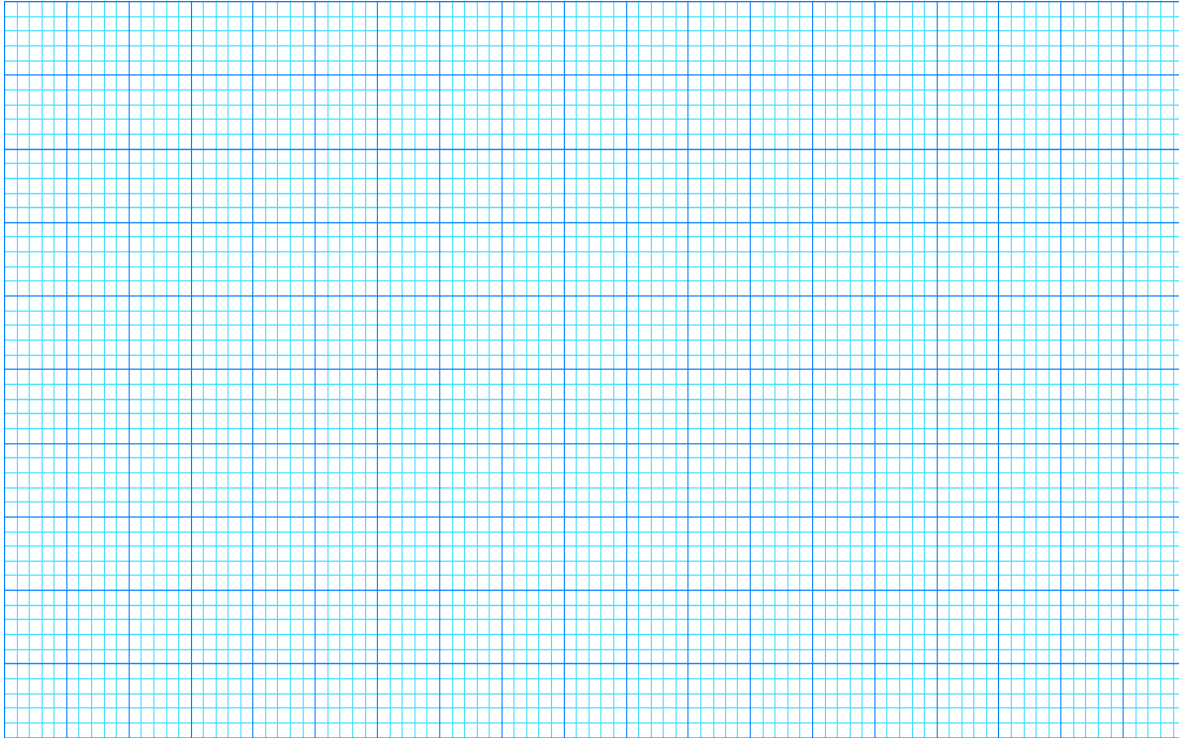
Deney, gözlem ve hesaplamalarınız ile ilgili her adımı deney raporuna yazınız ve raporunuzu son teslim tarihinden önce gerekli yere teslim ediniz.

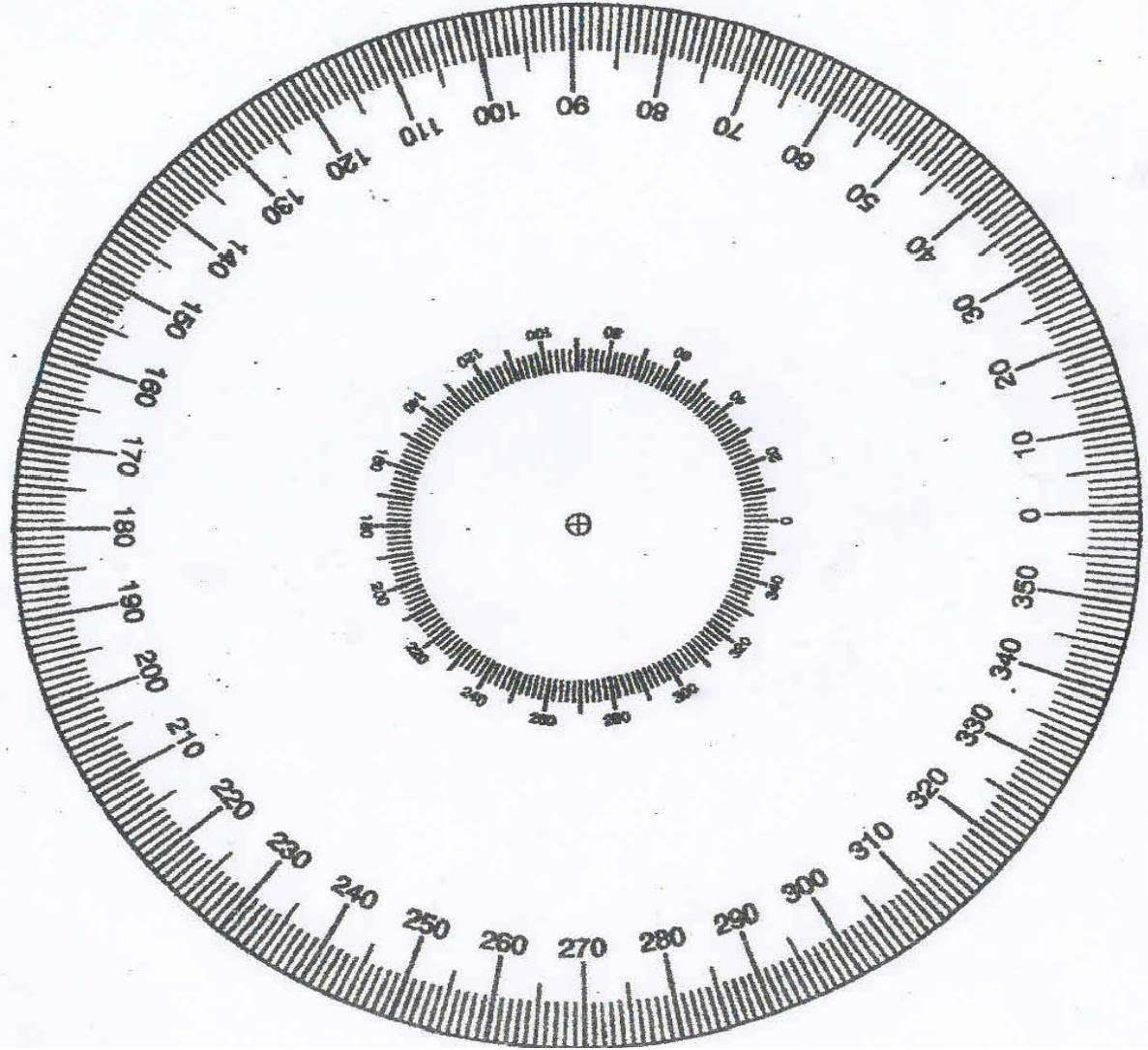
# Deney Raporu

<b>Deney adı:</b>
<b>Bölüm:</b>
<b>Ad, Soyad:</b>
<b>Öğr. no:</b>
<b>Grup no:</b>
<b>Deney tarihi:</b>
<b>Rapor teslim tarihi:</b>

Aşağıda verilen tabloya dengeleyici kuvvetin deneysel olarak, bileşenleri bulma yöntemiyle ve grafik yöntemi ile bulduğunuz büyüklük ve yönlerini yazınız.

Yöntem	Dengeleyici Kuvvet	
	Büyükklük (N)	Yön( $\theta$ )
Deneysel		
Bileşen	$R_x=$ $R_y=$	
Grafik		



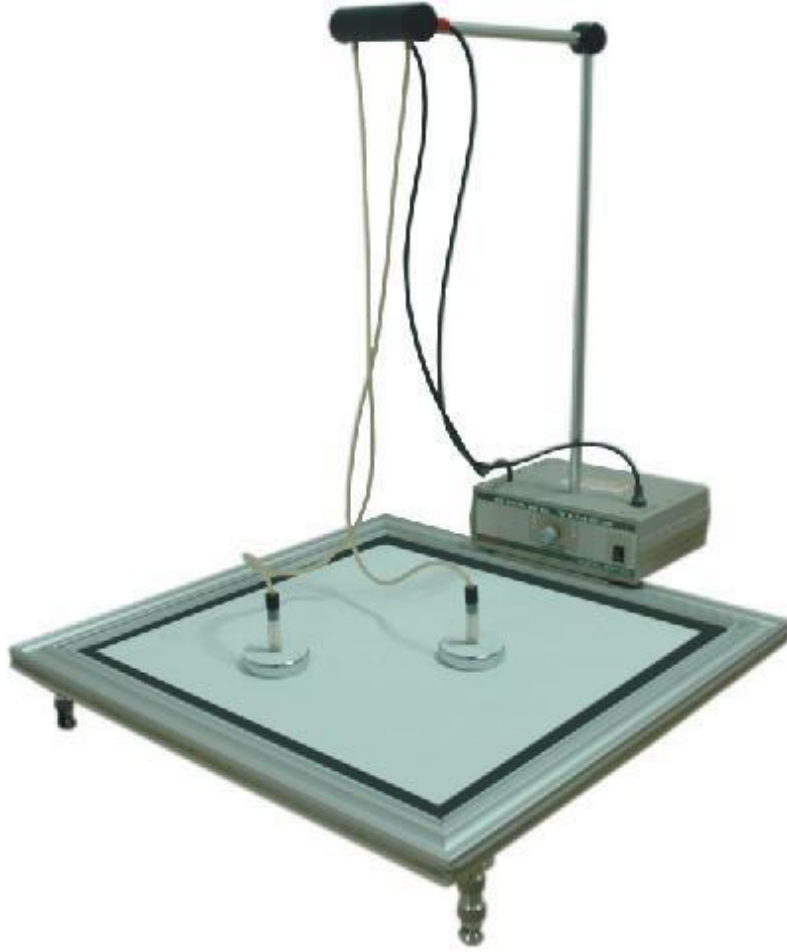


Şekil 10. Açı ölçmek için kullanılacak "açılı kağıt".

DENEY

2

DÜZGÜN DOĞRUSAL  
HAREKET



## 1. Amaç

Düzgün doğrusal hareketi tek boyutta deneysel olarak incelemek.

## 2. Teori

Seçilen bir referans noktasına göre, cismin zamanla yer değiştirmesine hareket denir. Hareket eden bir cismin yörüngesi bir doğru üzerinde ve hızı zamanla değişmiyorsa bu harekete düzgün doğrusal hareket denir.

**Soru 1:** Yukarıdaki tanımı dikkate alarak düzgün doğrusal harekete örnek(ler) veriniz.

**Konum ( $\vec{x}$ ):** Cismin seçilen bir referans noktasına göre yerini belirten yönlü bir uzaklıktır. Vektörel bir niceliktir çünkü hem bir büyüklüğe hem de yöne sahiptir.

**Yer Değiştirme ( $\Delta\vec{x}$ ):** Bir cismin son konumu ile ilk konumu arasındaki yönlü uzaklıktır ve  $\Delta\vec{x} = \vec{x}_{son} - \vec{x}_{ilk}$  ifadesi ile verilir. Burada  $\vec{x}_{son}$  cismin son konumu,  $\vec{x}_{ilk}$  ise cismin ilk konumudur, her ikisi de aynı referans noktasına göre ölçülmüştür.

**Ortalama Hız ( $\vec{v}$ ):** Bir hareketlinin birim zamandaki yer değiştirmesine hız denir. Hız vektörel bir büyüklüktür. Hareketlinin ( $t_1$ ) anındaki konumu ( $\vec{x}_1$ ), ( $t_2$ ) anındaki konumu da ( $\vec{x}_2$ ) olarak tanımlanırsa hareketlinin bu zaman aralığındaki ortalama hızı

$$\vec{v} = \frac{\vec{x}_2 - \vec{x}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t} \quad (1)$$

ile ifade edilir. Hız vektörünün üzerindeki işaret ortalama değer olduğunu belirtmek için konulmuştur. Bu deneyde olduğu gibi bir boyutlu bir hareket için vektör işaretleri kullanılmayabilir ve yukarıdaki denklem daha basit olarak

$$\bar{v} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (2)$$

şeklinde yazılabilir.

**Ani hız ( $\vec{v}$ ):** Ortalama hızın  $\Delta t \rightarrow 0$  limit değerinde, elde edilen hızdır. Yani zaman aralığını adım adım daraltırsak, cismin aldığı yol da gittikçe küçülecektir fakat hız birim zamanda alınan yol olduğundan  $\Delta x/\Delta t$  oranı sabit bir değere yakınsayacaktır. Bu değer ani hız olarak bilinir. Matematiksel olarak

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t} = \frac{d\vec{x}}{dt} \quad (3)$$

şeklinde yazılır ve konumun zamana göre türevi olarak bilinir.

**Soru 2:** Hava masası nasıl çalışıyor? Hava masasında sürtünmesiz bir ortam nasıl oluşturuluyor? Gerçekten sürtünme kuvveti olmadığından emin olmak için nasıl bir deney yapabilirsiniz?

### 3. Deneyde Kullanılacak Araç ve Gereçler

- Hava masası
- Veri kâğıdı
- Hesap makinesi ve cetvel (her öğrenci kendisi getirecektir)

### 4. Deneyin Yapılışı

1. Hava masasını yatay duruma getiriniz. Hava masasının üzerine bir karbon kâğıdı onun üzerine de bir veri kâğıdı yerleştiriniz. Disklerden birini masanın bir köşesine sabit kalacak şekilde bırakınız. Bunu diskin alt kenarına küçük bir kâğıt parçası yerleştirerek yapabilirsiniz. Daha sonra hava kompresörünü açınız.
2. Diğer diski masanın bir kenarına koyunuz ve denemek için elinizle hafifçe hızlandırıp bırakınız. Hava masanız yatay konumda ve dolayısıyla diskin üzerinde yatay yönde etki eden herhangi bir net kuvvet olmadığına göre, disk bir doğru boyunca hareket etmelidir.
3. Ark kronometresinde uygun bir zaman skalası seçiniz. Frekansı 10 Hz seçmeniz demek her saniyede eşit zaman aralıklarında 10 ark (nokta) basılacak demektir, yani iki ark sinyali arasındaki zaman 1/10 saniye olacaktır. Her hava masasında frekans seçimi olmayabilir, böyle bir durumda herhangi bir zaman seçilecektir (örneğin 0.06 s gibi). Bu durumda iki ark sinyali arasındaki zaman 0.06 saniye olacaktır.
4. Ark kronometresini çalıştırmadan boşta kalan disk ile birkaç deneme yapınız. Veri almaya başlamak için diski hafifçe ittikten hemen **sonra** ark kronometresini çalıştırmak üzere ark pedalına basınız. Disk yeteri kadar veri almaya yetecek kadar yol aldıktan sonra ark pedalına basmayı bırakınız. Böylece diskin eşit zaman aralıklarındaki konumu kıvılcım izleriyle veri kâğıdına kaydedilecektir.
5. Hava kompresörünü kapatınız ve veri kâğıdını hava masasından alınız. Veri kâğıdının karbon kâğıdına bakan alt yüzünde bir doğru üzerinde hemen hemen eşit mesafelerde basılmış siyah noktalar görmeniz gerekir.
6. Bu noktaların başlangıcındaki noktalardan birini başlangıç noktası ( $x_0$ ) olarak seçiniz.  $x_0$  noktasını referans seçerek bundan sonra gelen  $x_1, x_2, \dots, x_n$  noktalarının konumunu cetvelle ölçerek Tablo 1'de ilgili sütuna yazınız. Diskin iki nokta arasındaki mesafeyi kat ettiği zamanın ark kronometresinde ayarlanan değere eşit olduğu bilinmektedir. Bu bilgidен yararlanarak, diskin  $x_1, x_2, \dots, x_n$  noktalarından geçtiği  $t_1, t_2, \dots, t_n$  zaman değerleri Tablo 1'de ilgili sütuna yazılmalıdır.

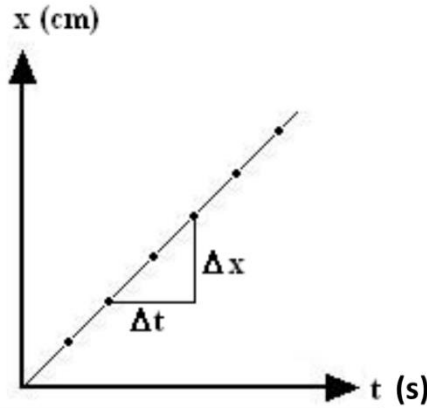
7. Elde ettiğiniz deneysel verileri kullanarak rapor kısmındaki tabloyu doldurduktan sonra cismin konum zaman ( $x-t$  grafiğini rapor kısmının sonunda yer alan grafik kağıdına çiziniz.

**Soru 3:** ( $x-t$ ) grafiğini çizdiğimizde Şekil 1'deki gibi düz bir doğru elde ederiz, bunun nedeni nedir?

8. Çizdiğiniz grafiğin eğiminden diskin ortalama hızını bulunuz. Grafiğin eğimi diskin ortalama hızını verir. Eğimin nasıl alınacağı Şekil 1'de gösterilmiştir.

$$\tan \theta = \vec{v}_{ort} = \frac{\overline{\Delta x}}{\Delta t} = \vec{v}_{deneysel} \quad (4)$$

9. Bulduğunuz ortalama hız değerini Tablo 2'nin üstünde bulunan kutucuğun içine yazınız.



Şekil 1. Diskin zamana karşı aldığı yolu gösteren grafik

10. Tablo 2'de istenen değerleri hesaplayınız. Her bir aralıktaki ortalama hız değeri

$$\bar{v}_i = \frac{x_i - x_{i-1}}{t_i - t_{i-1}} = \frac{\Delta x_i}{\Delta t_i} \quad (5)$$

denklemini kullanılarak hesaplanabilir. Ayrıca grafikten bulduğunuz ortalama değeri kullanarak Tablo 2'deki mutlak hata ve yüzde hata değerlerini hesaplayınız.

Mutlak hata:  $|\Delta v| = |v_{ort} - \bar{v}_i| \quad (6)$



Yüzde hata:  $\left| \frac{v_{ort} - \bar{v}_i}{\bar{v}_i} \right| \times 100$  (7)

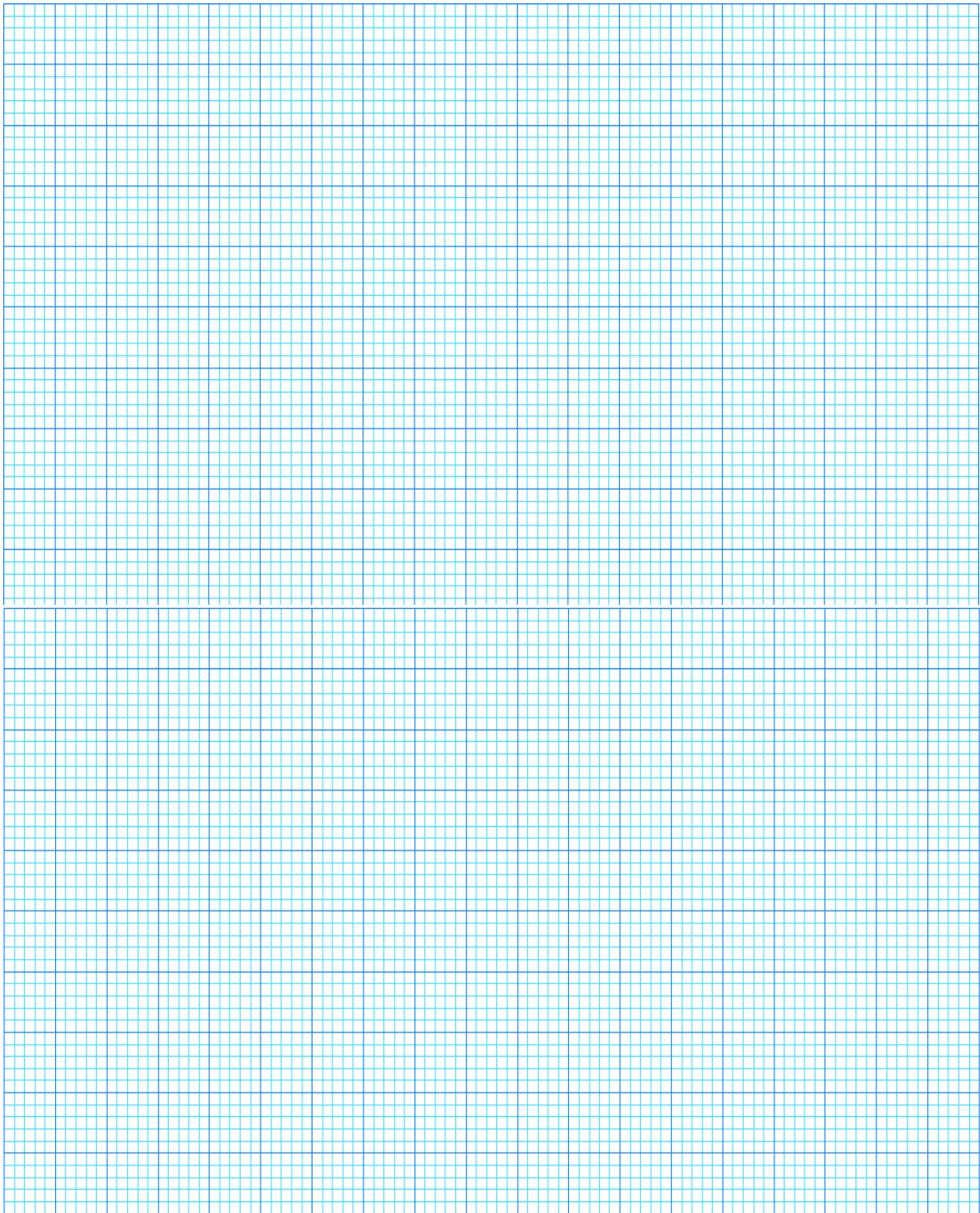
**Soru 4:** Diskin hız-zaman ( $v-t$ ) ve ivme-zaman ( $a-t$ ) grafiğinin nasıl olmasını beklersiniz?

**Soru 5:** Bu deneyde diskin ortalama hızını iki ayrı yöntem ile hesapladınız. Bu hareket için diskin ani ve ortalama hız değerlerinin büyüklükleri hakkında ne söylenebilir? Eşit mi?

## DERS NOTLARI



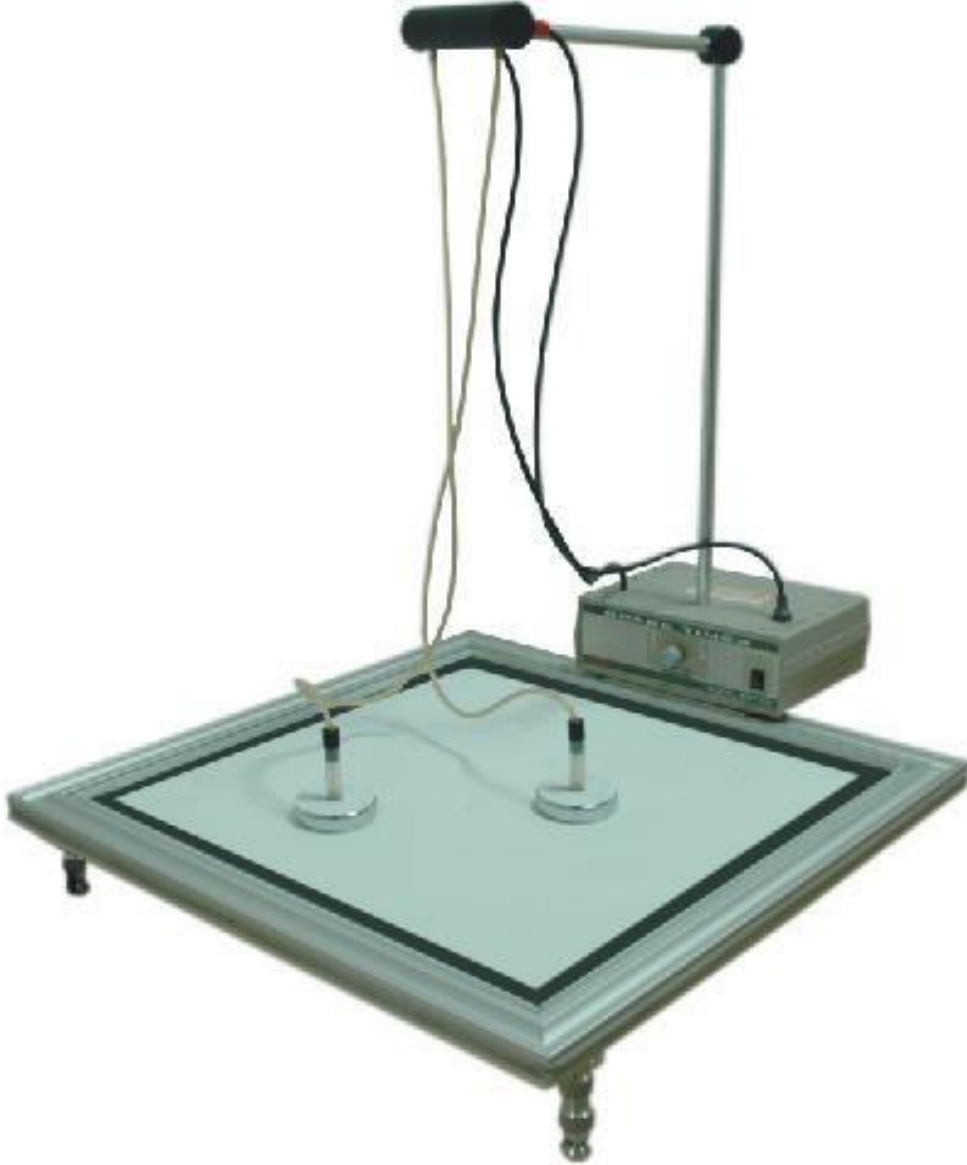




DENEY

3

SABİT İVMELİ HAREKET



## 1. Amaç

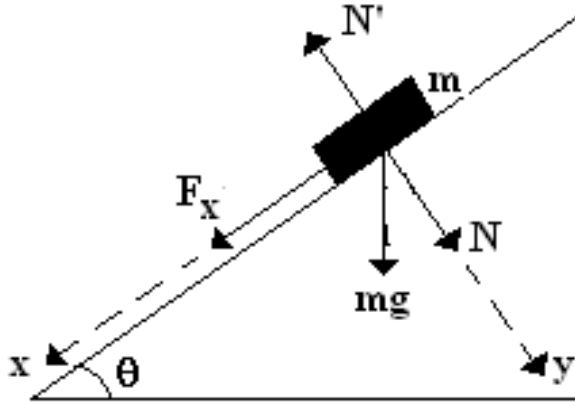
Sabit ivmeli hareketi tek boyutta deneysel olarak incelemek.

## 2. Teori

Cismin hızı zamanla düzgün bir şekilde değişiyorsa cismin yapmış olduğu harekete sabit ivmeli hareket adı verilir. Buna örnek olarak cisimlerin serbest düşme hareketi verilebilir.

**İvme ( $\vec{a}$ )**: Hareketlinin birim zamandaki hız değişimine ivme denir. İvme vektörel bir niceliktir. Cismin ( $t_1$ ) anındaki hızı ( $\vec{v}_1$ ), ( $t_2$ ) anındaki hızı ( $\vec{v}_2$ ) ise ortalama ivme aşağıdaki gibi ifade edilir. Denklem (1)'deki ifadenin  $\Delta t = 0$  limitindeki değeri ani ivmeyi verir. Sabit ivmeli bir hareket için ortalama ve ani ivmeler eşit olur.

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} \quad (1)$$



Şekil 1. Eğik düzlem üzerindeki bir cisme etkiyen kuvvetler

Sürtünmesiz eğik bir düzlemde hareket eden bir cismi ele alalım. Bu cisme etkiyen kuvvetler Şekil 1'deki gibidir. Eğik düzlem üzerinde duran cisim serbest bırakıldığında, Newton yasasına göre kuvvet yönünde ve kuvvetin büyüklüğüyle doğru orantılı olarak hızlanır, yani ivmeli hareket yapar. Cisme etkiyen kuvvetle ivme arasındaki genel bağıntı, Newton'un 2. hareket yasasından,

$$\vec{F} = \Sigma m \vec{a} \quad (2)$$

şeklinde dir. Şekil 1'de görüleceği üzere cisme etkiyen dengelenmemiş toplam kuvvet

$$\vec{F}_x = m g \sin \theta \hat{x} \quad (3)$$

şeklinde yazılabilir. Bu bağıntı (2) eşitliği ile kıyaslandığında, eğik düzlem üzerinde hareket eden cismin x eksenine yönündeki ivmesi

$$\vec{a}_x = g \sin \theta \hat{x} \quad (4)$$

olarak hesaplanır. İvme ifadesinin zamana göre integrali alınırsa hız için;

$$\vec{v}_x = g t \sin \theta \hat{x} \quad (5)$$

eşitliği ve yol için;

$$\vec{x} = \frac{1}{2} g t^2 \sin \theta \hat{x} \quad (6)$$

ifadesi bulunur. Yukarıdaki bağıntılarda, hareketin başlangıç noktasından ilk hızsız olarak başladığı kabul edilmiştir. Aksi halde integral sabitlerinin belirlenmesinde hız ve yol için başlangıç değerlerinin dikkate alınması gerekir.

### 3. Deneyde Kullanılacak Araç ve Gereçler

- Hava masası
- Veri kağıdı
- Hesap makinesi ve cetvel (her öğrenci kendisi getirecektir)

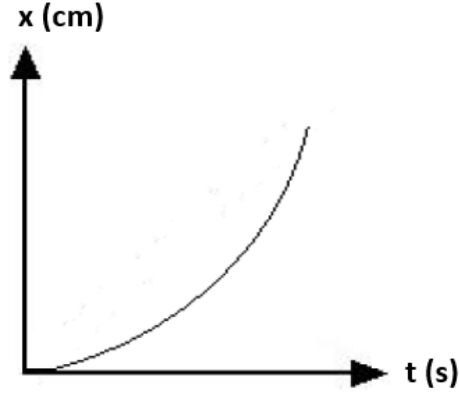
### 4. Deneyin Yapılışı

1. Hava masasına belli bir  $\theta$  açısı kadar eğim veriniz ve disklerden birini masanın yüksek kenarına yakın bir yere koyunuz. Diğer diski masanın alt köşesine bırakınız. Hava masasını çalıştırdığınızda yukarıya bıraktığınız disk aşağıya doğru kayacaktır. Disk yukarıdayken bu kez ark kronometresinin zaman skalasını ayarlayarak ve ark pedalına basarak hareketi tekrarlayınız. Deney veri kâğıdını alınız ve hareketin izlerini inceleyiniz.

**Soru 1:** Eşit zaman aralıklarında kaydedilen kıvılcım izleri arasındaki uzaklıklar eşit oluyor mu? Olmuyor ise nedenini açıklayınız?

2. Elde ettiğiniz verileri kullanarak rapor kısmındaki Tablo 1'i doldurunuz, Tablo 2'yi hazırlayınız ve cismin konum-zaman (x-t) grafiğini çizin.

Deney verilerinizden aşağıdaki gibi bir x-t grafiği elde etmeye çalışınız.

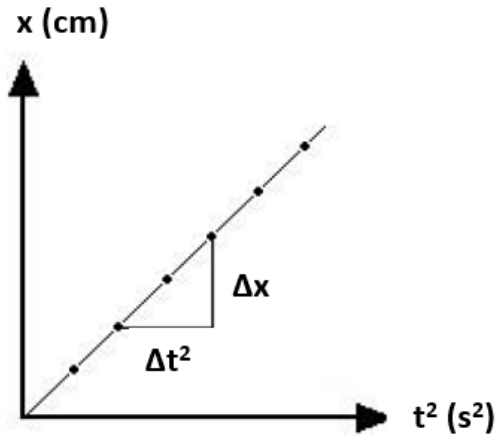


Şekil 2. Sabit ivmeli harekette yol-zaman grafiği

Grafikten de görüleceği gibi yol-zaman eğrisi bu defa bir doğru değildir, yani eğrinin sabit bir eğimi yoktur.

3. Diskin konumunun zamanın karesine karşı ( $x-t^2$ ) grafiğini çizerek Şekil 3'deki gibi bir grafik elde ediniz.

**Soru 2:** Bu durumda diskin hızı için ne söylenebilir?

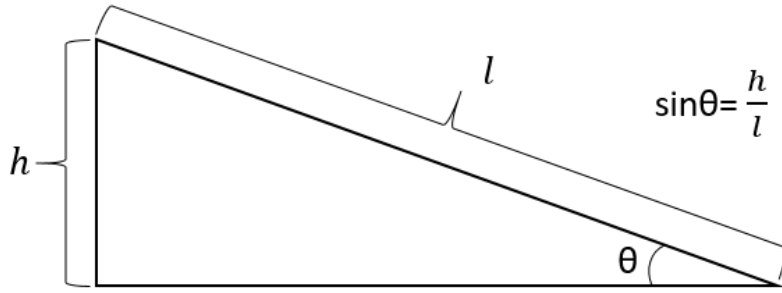


Şekil 3. Bir hareketlinin  $x-t^2$  grafiği



**Soru 3:** Şekil 3’de verilen  $x-t^2$  grafiği yardımıyla bir cismin ivmesi nasıl hesaplanır? Açıklayınız.

4. Masaya eğim vermek için kullandığımız takozların yüksekliğini ( $h$ ) ve masanın boyunu ( $l$ ) ölçünüz. Ölçtüğünüz bu değerler yardımıyla, eğik düzlemin yatay eksen ile yaptığı  $\theta$  açısını hesaplayın.



Şekil 4. Eğik düzlemin açısının belirlenmesi

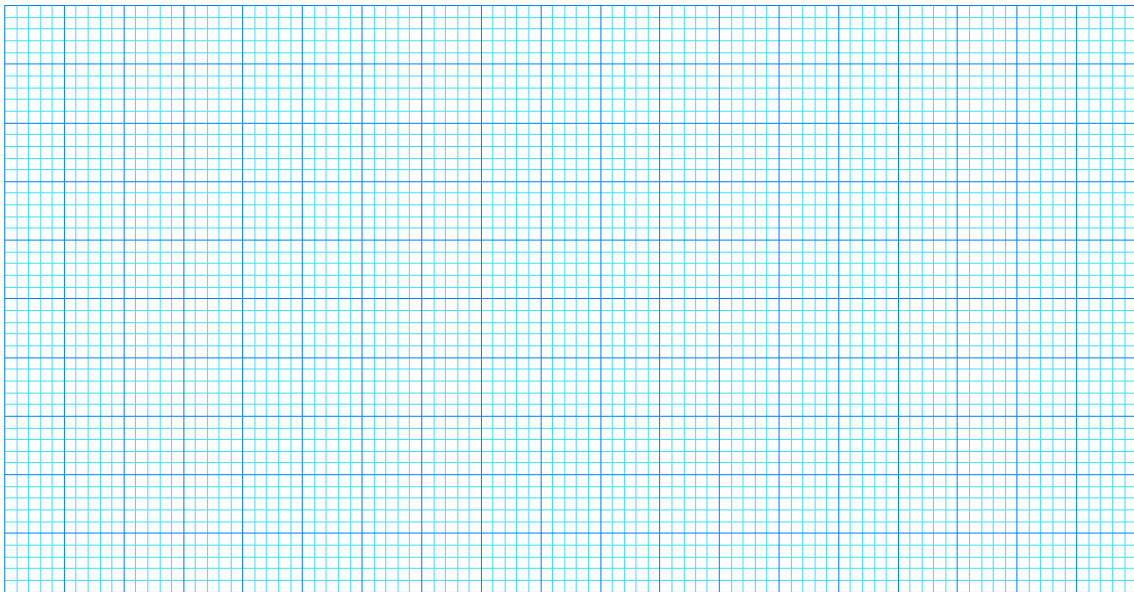
5. Elde ettiğiniz  $\theta$  açısını kullanarak  $a = g \sin\theta$  bağıntısından diskin ivmesini hesaplayınız. Bulduğunuz bu ivme değerini  $x-t^2$  grafiğinden elde ettiğiniz ivme değeri ile karşılaştırınız. Bu iki ivme değerini kullanarak yüzde (%) hatayı hesaplayınız.

## DERS NOTLARI



**Tablo 2:** Hesaplanan  $x$ ,  $t$  ve  $t^2$  değerleri.

Veri Noktası Aralığı	$x = x_i - x_0$	$t = t_i - t_0$	$t^2$
0 - 1			
0 - 2			
0 - 3			
0 - 4			
0 - 5			



DENEY

4

EĞİK ATIŞ



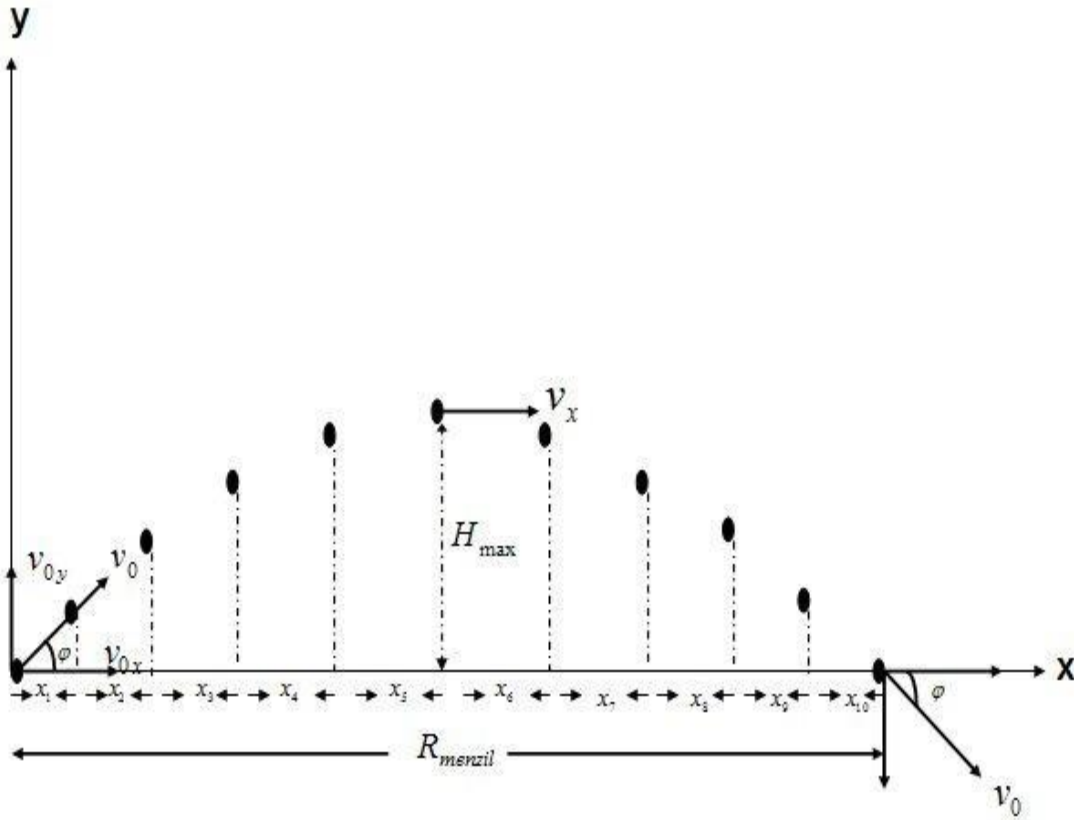
1. **Amaç:** Eğik atış hareketinin incelenmesi.

## 2. Teorik Kavramlar, Formüller ve Güncel Bilgiler

Yatayla  $\varphi$  açısı yapacak şekilde fırlatılan herhangi bir cismin yapmış olduğu hareket, eğik atış hareketidir. Eğik atış hareketi incelenirken iki önemli kabullenme yapılır;

1.  $g$  yerçekimi ivmesi hareket süresince sabittir ve aşağıya doğru yöneliktir.
2. Hava direncinin etkisi ihmal edilmektedir.

Eğik olarak atılan cisim parabolik bir yörüngeyi izler. Eğik atış hareketi boyunca cismin hızının  $x$ - ve  $y$ - bileşenleri vardır. Cisme düşey yönde yer çekimi kuvveti etki ettiği için ivmeli hareket yapar,  $x$ -yönünde ise hiçbir kuvvet etki etmez ve düzgün doğrusal hareket yapar.



Şekil 1. Eğik atış deneyine ait bir veri örneği.

## 3. Deneyde Kullanılacak Araç ve Gereçler

- ✓ Hava masası
- ✓ Veri kâğıdı
- ✓ Hesap makinesi ve cetvel

#### 4. Deneyin yapılışı

1. Bir tane takoz alıp cetvelle ölçerek  $h$  takoz yüksekliğini kaydediniz.
2. Hava masasının boyu olan  $L$ 'yi 65 cm alınız.
3. Ark kronometresinden uygun bir  $t$  zamanı ayarlayınız ve  $h$ ,  $L$  ve  $t$  değerlerini veri kâğıdınızın bir köşesine kaydediniz.
4. Yüksekliğini ölçtüğünüz takozları hava masanızın ayağının altına yerleştirerek, hava masanızı bir eğik düzlem haline getiriniz. Bu durumdaki hava masanızın eğim açısı  $\theta$  olsun ve  $\sin\theta = \frac{h}{L}$  değerini bulunuz.
5. Eğik atış hareketini gerçekleştirmek için açı ölçeri  $\varphi = 30^\circ$  olacak şekilde hava masasının alt köşesine yerleştirin.
6. Disklerden birini sabit tutup diğerini disk atıcı ile fırlatarak deneyinizi gerçekleştirin.
7. Daha sonra Şekil 1'dekine benzer şekilde bir veri kâğıdı elde edeceksiniz. Veri kâğıdınızın üzerine x-y koordinat sistemini çizin ve bu çizgilerin y eksenindeki iz düşümlerini Şekil 1'deki gibi işaretleyiniz.

#### 5. Hesaplamalar

1. Veri kağıdınızın üzerindeki  $x_1, x_2, x_3, \dots, \dots, \dots, x_n$  değerlerini cetvelle ölçerek kaydediniz.
2. Bu değerleri kullanarak  $\bar{x}$ 'i aşağıdaki denklem (1)'i kullanarak bulunuz.  $n$  aralık sayısıdır.

$$\bar{x} = \frac{(x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n)}{n} \quad (1)$$

Disk'in ilk hızına  $x$  bileşenini  $v_{0x}$ 'i denklem (2)'yi kullanarak bulunuz.

$$v_{0x} = \frac{\bar{x}}{t} \quad (2)$$

3. Disk'in hızının  $x$ -bilesini sabit olduğu için  $v_x = v_{0x}$ 'dir
4. Disk'in ilk hızı  $v_0$ 'ı (3) denkleminde bulunuz.

$$v_0 = \frac{v_{0x}}{\cos\varphi} \quad (3)$$

5. Sonra disk'in maksimum yüksekliğe çıkması için geçen süre  $t_H$ 'nin teorik değerini denklem (4)'den ve deneysel değerini denklem

(5)'den bulunuz.

$$t_{H \text{ teorik}} = \frac{v_0 \sin \varphi}{g \sin \theta} \quad (4)$$

$$t_{H \text{ deneysel}} = \frac{(n)}{2} x \text{ zaman} \quad (5)$$

6. Diskin menzile ulaşması için geçen süre  $t_R$ 'nin teorik ve deneysel değerlerini denklem (6) ve denklem (7)'yi kullanarak bulunuz.

$$t_{R \text{ teorik}} = \frac{2v_0 \sin \varphi}{g \sin \theta} \quad (6)$$

$$t_{R \text{ deneysel}} = (n) x \text{ zaman} \quad (7)$$

7. Diskin çıkabileceği maksimum yükseklik  $H_{\max}$ 'ın teorik değerini denklem (8)'den bulunuz.

$$H_{\max(\text{teorik})} = \frac{v_0^2 \sin^2 \varphi}{2g \sin \theta} \quad (8)$$

8.  $H_{\max(\text{deneysel})}$  ise, diskin ulaştığı maksimum yükseklik cetvel ile ölçülerek bulunur.

9. Diskin menzili  $R$ 'nin teorik değeri denklem (9)'dan ve deneysel değerini denklem (10)'dan bulunuz.

$$R_{\text{teorik}} = \frac{v_0^2 \sin 2\varphi}{g \sin \theta} \quad (9)$$

$$R_{\text{deneysel}} = x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n \quad (10)$$

10. Son olarak elde ettiğiniz tüm teorik ve deneysel sonuçları kullanarak % Hata hesabını yapınız.

11. Bulduğunuz tüm sonuçları Tablo 1'e yerleştiriniz.

## DERS NOTLARI

## Sonuç ve Rapor

<b>Deney adı:</b>
<b>Bölüm:</b>
<b>Ad, Soyad:</b>
<b>Öğr. no:</b>
<b>Grup no:</b>
<b>Deney tarihi:</b>
<b>Rapor teslim tarihi:</b>

**Tablo 1.**  $t_H$ ,  $t_R$ ,  $H$  ve  $R$ 'nin teorik ve deneysel değerleri ve % Hata oranları.

	Maksimum yükseklığe çıkış süresi $t_H$	Menzile ulaşma süresi $t_R$	Maksimum Yükseklik $H$	Menzil $R$
<b>Teorik</b>				
<b>Deneysel</b>				
<b>% Hata</b>				



DENEY

5

YERÇEKİMİ İVMESİNİN  
HESAPLANMASI



# A. SERBEST DÜŞME HAREKETİ İLE YERÇEKİMİ İVMESİNİN BULUNMASI

## 1. Amaç:

- ✓ Cisimlerin yerin merkezine doğru hareket etmesini sağlayan bir çekim kuvveti olduğunun açıklanması ve gözlenmesi.
- ✓ Yerçekimi kuvvetinin etkisi ile cisimlerin ivmeli hareket yaptıklarının incelenmesi.
- ✓ Düşen cisimlere yerçekimi kuvvetinin dışında da kuvvetlerin etki ettiğinin kavranması.
- ✓ Yerçekimi ivmesinin hesaplanması.

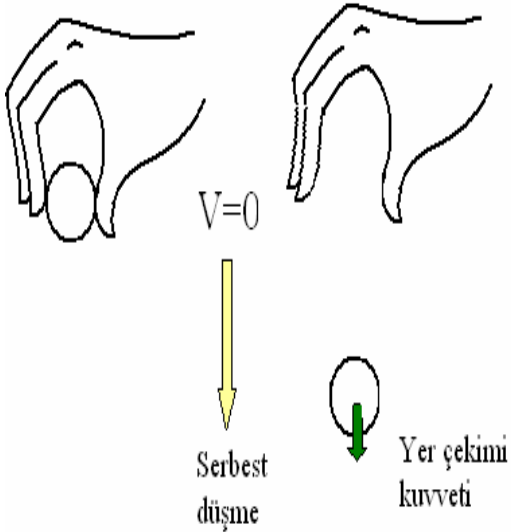
## 2. Teorik Kavramlar, Formüller ve Güncel Bilgiler

Eğer bir cismin hızı zamanla değişiyorsa o cisim ivmeli hareket yapıyor denir. Cismin  $\Delta t$  süresinde sahip olduğu ortalama ivme aşağıdaki bağıntı ile hesaplanabilir;

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \quad (1)$$

Burada cismin  $t_1$  ve  $t_2$  anlarındaki hızı  $\vec{v}_1$  ve  $\vec{v}_2$  anlık ivme ise hızın türevidir.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (2)$$

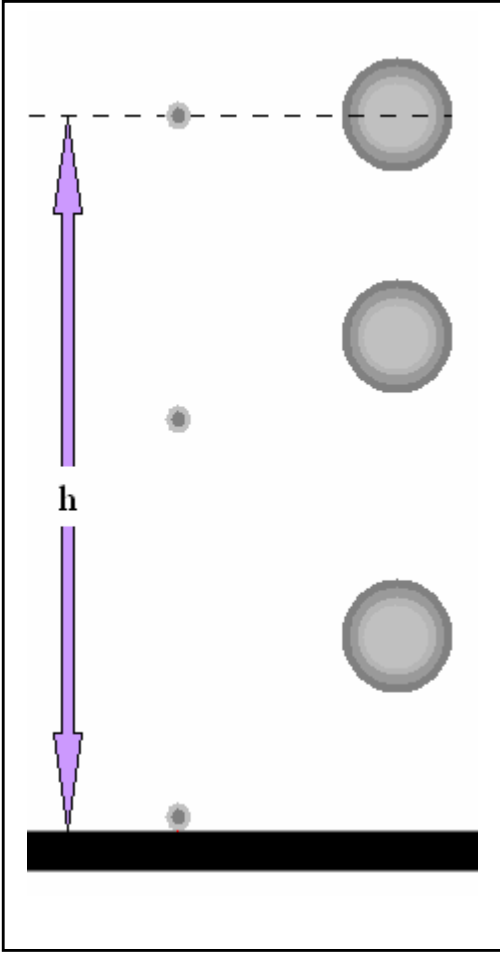


Serbest düşme etkisindeki bir cisim;

$\vec{a} = \vec{g} = 9,8 \text{ m/s}^2$  'lik ivme ile hızlanmaya devam eder.

Yandaki şekilde ilk hızsız serbest düşmeye bırakılan bir cisim ve üzerine etki eden yerçekimi kuvveti gösterilmektedir.

Bunun sonucu olarak bütün cisimler serbest bırakıldığında (ilk hızsız) sabit bir çizgisel ivme ile düşerler. Bu ivmenin büyüklüğü  $9,8 \text{ m/s}^2$  'dir ve  $g$  ile gösterilir. Bu olaya da **serbest düşme** denir.



Ancak serbest düşme yalnızca özel durumlar için geçerlidir. Eğer bir elma ile bir kuş tüyünü belirli bir yükseklikten aynı anda serbest bırakırsak elma yere çok daha erken düşer. Düşen cisimleri yerçekimi kuvveti dışında etkileyen başka bir kuvvet daha vardır. Bu kuvvet, cisimlere kesit alanlarıyla orantılı olarak etki eden **Hava Sürtünme Kuvveti**'dir. Örneğin; elimizde ağırlıkları eşit olan fakat kesit alanları farklı bir plastik top ile bir demir bilye olduğunu düşünelim. Plastik top demir bilyeye oranla çok daha büyük olsun. Ağırlıkları eşit bu iki cisimi, belirli bir yükseklikten, aynı anda serbest bıraktığımızda demir bilye daha çabuk aşağı düşer. Çünkü plastik topun kesit alanı demir bilyeye göre çok daha fazla olduğundan hava sürtünme kuvveti plastik topa daha fazla etki eder ve düşme süresi uzar.

Eğer bu deney havası alınmış bir ortamda yapılsaydı, plastik topa demir bilyenin aynı anda yere düştüğü gözlenirdi. Günlük hayatta benzer bir durum görmememizin nedeni; düşen cisimlere yerçekimi kuvveti dışında da kuvvetler etkimesidir. Cisimlere kesit alanlarıyla orantılı olarak hava sürtünme kuvveti etki eder. Havası alınmamış odada plastik topa etki eden hava sürtünme kuvveti, demir bilyeye göre çok daha fazla olduğu için demir bilye yere daha önce düşer.

Serbest düşen bir cisim  $g$  ivmesine sahip olduğu için  $t$  sürede;

$$h = \frac{1}{2}gt^2 \quad (3)$$

kadar yol alır.

### 3. Deneyde Kullanılacak Araç ve Gereçler

- ✓ Farklı ağırlıklarda üç adet çelik bilye
- ✓ Bilye tutucu
- ✓ Düşme algılayıcı
- ✓ Kronometre

### 4. Deneyin Yapılışı

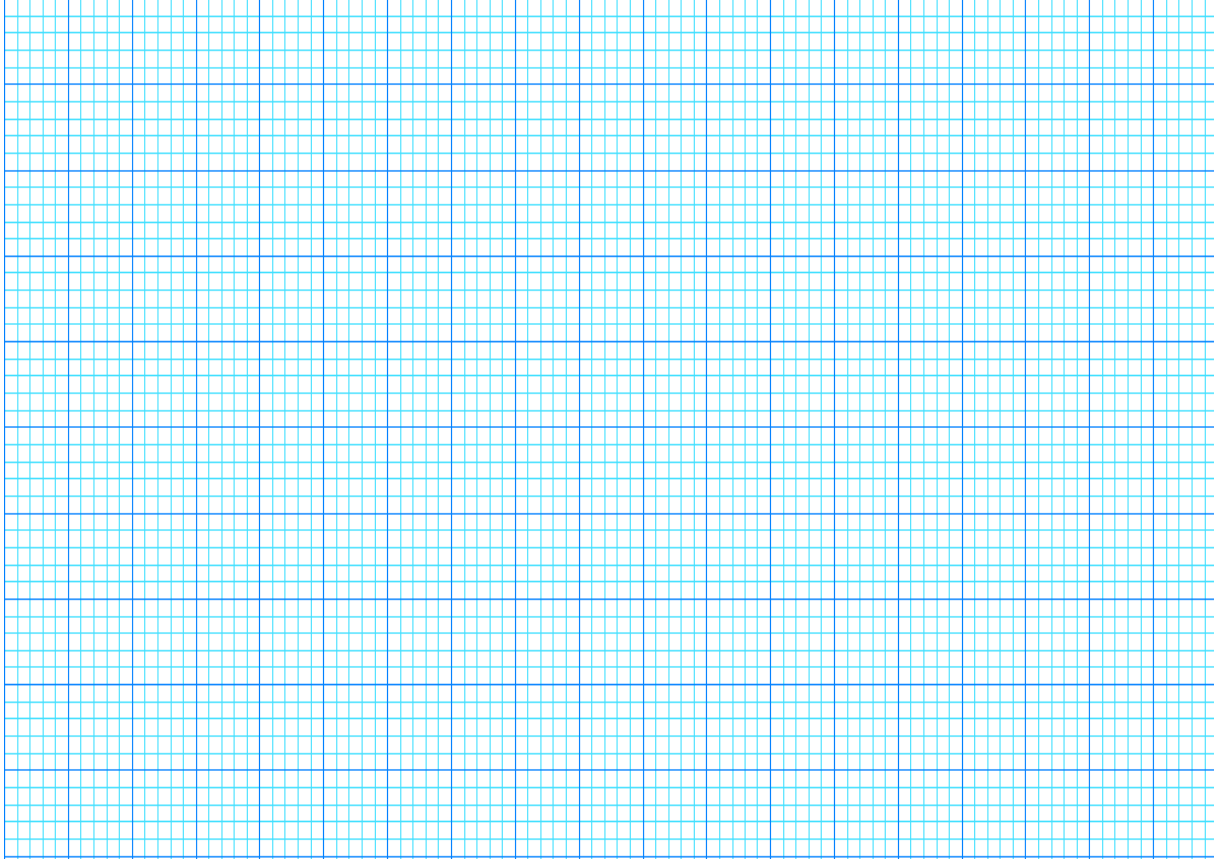
Deney sistemi bilye tutucu, düşme algılayıcı ve kronometreden oluşmaktadır. Bilye tutucu bir elektromıknatis gibi çalışır. Düşme algılayıcı üzerindeki anahtar açıldığında kullanılacak olan çelik bilyeler bilye tutucuya yapışır. Anahtar kapatıldığı anda ise bilye düşer. Bilye serbest kaldığı anda kronometre çalışmaya başlar, düşme algılayıcı üzerine düştüğü anda ise kronometre durur. Bilye tutucunun yüksekliği değiştirilebildiği için değişik yükseklikler için deney tekrarlanabilir. Deneyi yapmak için;

- ✓ Kronometreyi çalıştırınız.
- ✓ Bilye tutucuyu istediğiniz yüksekliğe getiriniz.
- ✓ Gerekiyorsa kronometrenin göstergesini sıfırlamak için düşme algılayıcı üzerinde bulunan tuşa basınız.
- ✓ Düşme algılayıcı üzerinde bulunan anahtarı açarak bilyenin tutucuya yapışmasını sağlayınız.
- ✓ Anahtarı kapatarak bilyenin serbest kalarak düşme algılayıcı üzerine düşmesini sağlayınız. Kronometrede bilyenin düşme süresi gösterilecektir. Bu değeri kaydediniz.
- ✓ Bilye tutucuyu farklı yüksekliğe getiriniz ve düşme algılayıcı üzerinde bulunan tuşa basarak kronometreyi sıfırlayınız.
- ✓ Farklı yükseklikler için aynı işlemleri tekrarlayınız.
- ✓ Elde ettiğiniz verilerden  $h-t^2$  grafiğini çiziniz. Çizilen grafiğin eğiminden yararlanarak yerçekimi ivmesini hesaplayınız.
- ✓ Farklı ağırlıktaki bilyeleri aynı mesafeden bırakın.
- ✓ Düşme zamanlarını karşılaştırıp sonuçları yorumlayın.

## Sonuç ve Rapor

<b>Deney adı:</b>
<b>Bölüm:</b>
<b>Ad, soyad:</b>
<b>Öğr. no:</b>
<b>Grup no:</b>
<b>Deney tarihi:</b>
<b>Raporun son teslim tarihi:</b>

$h$ (cm)							
$t$ (s)							



## B. HARMONİK HAREKET İLE YER ÇEKİMİ İVMESİNİN BULUNMASI

### 1. Amaç:

Düşey düzlemde salınım yapan basit sarkaç yardımıyla yer çekim ivmesi  $g$ 'nin belirlenmesi.

### 2. Teorik Kavramlar, Formüller ve Güncel Bilgiler

Bilindiği gibi, yeryüzünden fazla yüksek olmayan bir yerden serbest bırakılan bir cisim gittikçe hızlanarak düşer. Cismin bir ilk hızı olmadığına göre harekete geçebilmesi için bir kuvvet gerekir. Bu ise dinamiğin temel prensibine göre, cismin bir ivme kazanmasıyla açıklanabilir. Öte yandan serbest düşen cisim gittikçe hızlandığına göre cismin böyle bir ivme kazandığı açıktır. Cisme etki eden bu ivmeye *yerçekimi ivmesi* ( $g$ ) denir.

Yerçekimi ivmesi, yerkürenin yüzeyi boyunca, her yerde sabit değildir. Eğer yerküre tekdüze bir yapıya sahip olsaydı, yüzeyindeki çekim kuvveti her yerde aynı olurdu ve yerçekimi ivmesi tek bir sabit değer alırdı. Yer çekimi ivmesinin her yerde farklı olmasından yararlanılarak

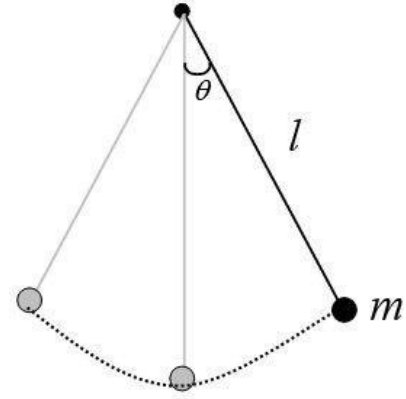
- Hidrokarbon – havza geometrisi
- Bölgesel jeolojik çalışmalar
- Mineral yatakları
- Yeraltı boşlukları
- Fay ve kırık yapıları
- Temel kaya derinliği
- Askeri amaçlı çalışmalar
- Volkanik izler
- Kabuk çalışmalarında
- Gömülü yapıların aranması gibi önemli çalışmalar yapılmaktadır.

**Soru 1:** Yerçekimi ivmesindeki değişimler nelerden kaynaklanmaktadır?

**i. Basit harmonik hareket:** Bir cismin denge konumu etrafında titreşim hareketi yapması basit harmonik harekete örnek verilebilir. Titreşim hareketini yapan pek çok sistem vardır. Örneğin, bir katıdaki atomlar denge konumu etrafında titreşim hareketi yaparlar veya ışık dalgaları, radar veya radyo gibi elektromanyetik dalgalar, titreşen elektrik ve manyetik alan vektörleriyle belirlenirler.

**ii. Basit Sarkaç:** Şekildeki gibi bir ucundan tespit edilmiş  $\ell$  uzunluğundaki hafif iplikle taşınan  $m$  kütleli noktasal bir cismin oluşturduğu düzeneğe **basit sarkaç** denir.

Hareket düşey bir düzlemde gerçekleşir ve yer çekimi kuvveti ile sağlanır. Basit sarkaç denge konumundan küçük bir  $\theta$  açısı kadar uzaklaştırılıp serbest bırakılırsa düşey bir düzlemde periyodik salınımlar yapar.



Küçük açılar için, bir basit sarkacın periyodu;

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (4)$$

şeklinde verilir. Buradan yerçekimi ivmesi

$$g = \left( \frac{4\pi^2 l}{T^2} \right) \quad (5)$$

olarak elde edilir.

Denklem (4) periyot formülü, sadece küçük açılı salınımlar için geçerli olduğundan, sarkacı denge noktasından fazla ayırmadan küçük açılı salınımlar yaptırılması sonucun geçerliliği bakımından önemlidir.

### 3. Deneyde Kullanılacak Araç ve Gereçler

- ✓ Farklı uzunluklarda ip
- ✓ Ağırlık
- ✓ Kronometre
- ✓ Cetvel

#### 4. Deneyin yapılışı

- ✓ Ağırlığı, bir iple sabitleme ayağına asarak basit bir sarkaç oluşturun.
- ✓ Sarkacın asıldığı noktadan ağırlığın ortasına (ağırlık merkezi) kadar olan mesafe ( $l$ )'yi ölçünüz.
- ✓ Sarkacı denge konumundan küçük bir  $\theta$  açısı kadar ayırıp bırakınız.
- ✓ Sarkacın tam 10 salınım yapması için geçen süreyi kronometre ile ölçünüz.
- ✓ Geçen süreyi 10 a bölünerek basit sarkacın periyodunu bulunuz.
- ✓ Ölçümlerinizi beş farklı uzunlukta iple tekrarlayınız.
- ✓ Periyodun karesinin ( $T^2$ ), sarkaç boyuna ( $l$ ) karşı grafiğini çiziniz.
- ✓ Grafiğin eğiminden  $\tan\alpha$ 'yı bulunuz.  $\left(\tan\alpha = \frac{T^2}{l}\right)$
- ✓  $g = \frac{4\pi^2}{\tan\alpha}$  ifadesinden yerçekimi ivmesi  $g$ ' yi bulunuz.

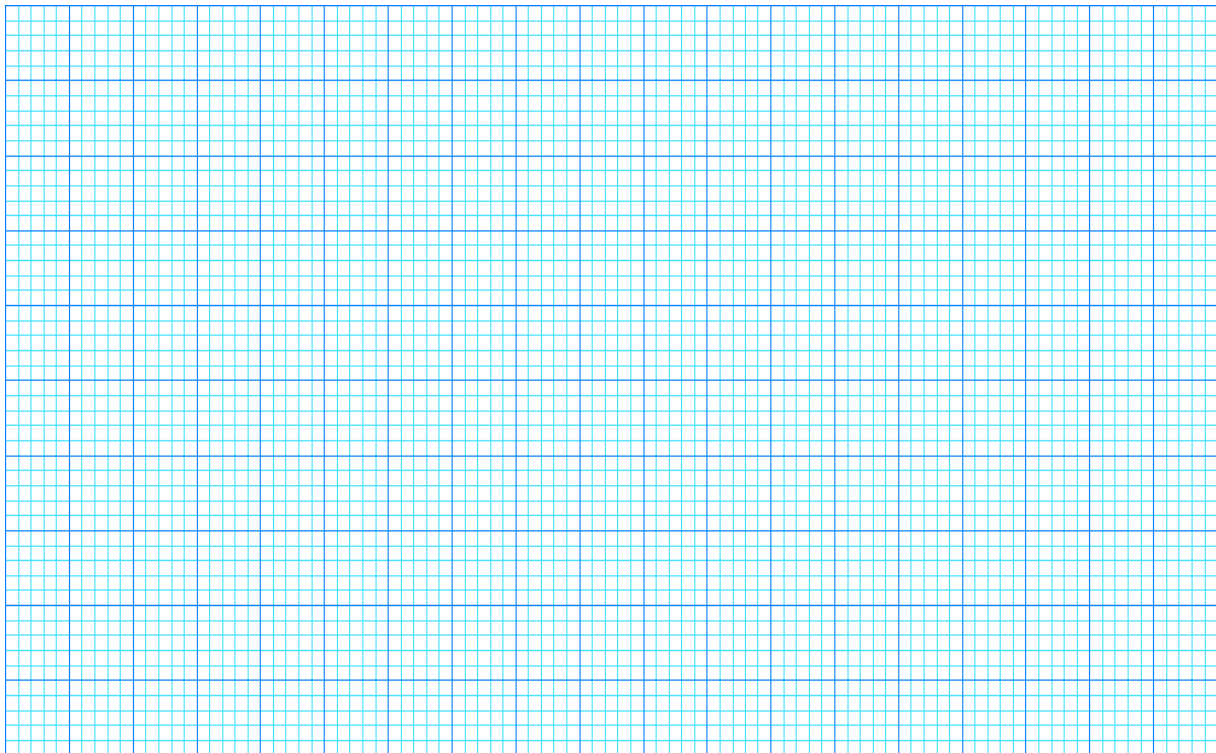


## Sonuç ve Rapor

<b>D deney adı:</b>
<b>Bölüm:</b>
<b>Ad, soyad:</b>
<b>Öğr. no:</b>
<b>Grup no:</b>
<b>D deney tarihi:</b>
<b>Raporun son teslim tarihi:</b>

Periyot (s)	Uzunluk (cm)
$T_1$ :	$l_1$ :
$T_2$ :	$l_2$ :
$T_3$ :	$l_3$ :
$T_4$ :	$l_4$ :
$T_5$ :	$l_5$ :

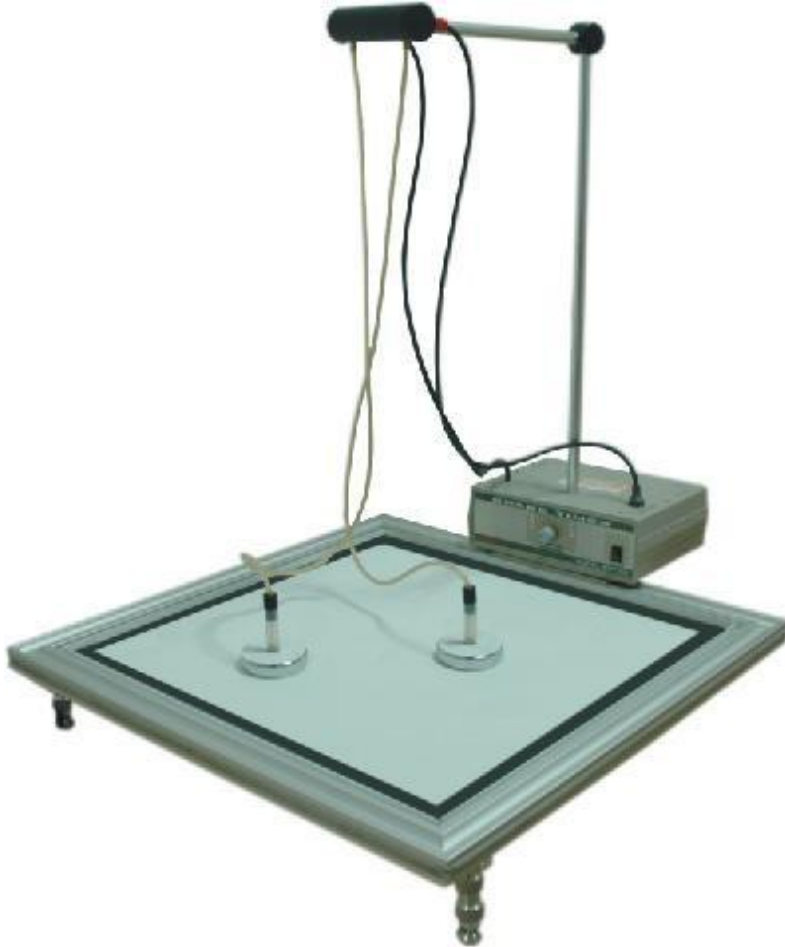
$g$ (teorik)	$g$ (deneysel)	% Hata



# DENEY

6

## ESNEK ve ESNEK OLMAYAN ÇARPIŞMA



## 1. Amaç

Esnek ve esnek olmayan çarpışmalarda momentumun ve kinetik enerjinin korunum durumunun deneysel olarak incelenmesi.

## 2. Teorik Kavramlar, Formüller ve Güncel Bilgiler

Momentumun korunumu ilkesi Newton'un ikinci yasasından çıkmakta olup, bir sisteme uygulanan net dış kuvvet sıfır ise sistemin momentumunun zamana göre sabit olduğunu ifade eder.

Bir sistemin toplam enerjisi, sistemin herhangi bir andaki kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamı olup, aşağıdaki eşitlik ile verilir:

$$E=K+U \quad (1)$$

Bu eşitlikte,  $K$  kinetik enerji ve  $U$  potansiyel enerjiyi göstermektedir.  $E$  toplam mekanik enerji olarak bilinir.

Eğer bir sistemde sadece korunumlu kuvvetler iş yapıyorsa, sistemin toplam enerjisi zamanla değişmez, sistemin toplam enerjisi sabit kalır (Enerjinin Korunumu Yasası). Tekrarlamakta fayda vardır, bir sistemin toplam enerjisinin korunması için sistem üzerine etki eden kuvvetlerin korunumlu olması gerekir.

**Soru 1:** Korunumlu kuvvet ne demektir? Korunumlu kuvvetlere örnek veriniz.

Dış kuvvet etkisinde olmayan iki cismin çarpışmasında momentum her zaman korunur, momentumla birlikte kinetik enerji de korunuyorsa bu tür çarpışmaya **esnek çarpışma** denir. Esnek çarpışmalara örnek olarak bilardo topu çarpışmaları ve oda sıcaklığında hava moleküllerinin kendilerini çevreleyen duvarlarla çarpışması verilebilir. Bu çarpışmalar, tam esnek bir çarpışma olmamasına rağmen, makroskopik boyutta yaklaşık olarak esnek çarpışma kabul edilir. Gerçek anlamda esnek çarpışmalar, atom ve atomaltı parçacıklar arasında oluşmaktadır.

Momentumun korunduğu kinetik enerjinin korunmadığı durumlardaki çarpışmaya ise **esnek olmayan çarpışma** denir. Bu çarpışmaya örnek olarak bir lastik topun katı bir yüzeye çarpışmasını verebiliriz. Lastik top çarpışma esnasında şekil değiştirerek kinetik enerjisinin bir kısmını potansiyel enerjiye dönüştürür. Bir diğer çarpışma ise, **tam esnek olmayan** çarpışmadır. Bu çarpışmada da esnek olmayan çarpışmada olduğu gibi momentum korunurken kinetik enerji korunmaz. Bu çarpışmanın esnek olmayan çarpışmadan farkı ise, çarpışan iki cismin çarpışmadan sonra birlikte hareket etmesidir.

Kütleleri  $m_1$  ve  $m_2$ , hızları  $\vec{v}_1$  ve  $\vec{v}_2$  olan iki cismin esnek çarpışmasından sonra hızları  $\vec{u}_1$  ve  $\vec{u}_2$  olsun. Bu çarpışmada momentumun korunumu şu şekilde ifade edilir:

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{u}_1 + m_2\vec{u}_2 \quad (2)$$

Esnek çarpışmada kinetik enerji de korunur. Kinetik enerjinin korunumu aşağıdaki bağıntı ile verilmektedir:

$$\frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 = \frac{1}{2}m_1u_1^2 + \frac{1}{2}m_2u_2^2 \quad (3)$$

Esnek çarpışmada momentum ve kinetik enerjinin korunumundan dolayı kütle merkezi de sabit hızla hareket eder. Kütle merkezinin  $\vec{V}_{KM}$  hızı:

$$\vec{V}_{KM} = (m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2)/(m_1 + m_2) \quad (4)$$

şeklinde verilir. Kütlelerin eşit olması durumunda ( $m_1 = m_2$ ) momentumun ve kinetik enerjinin korunumu denklemleri (Denklem 2 ve 3) aşağıda verildiği şekilde ifade edilebilir.

$$\vec{v}_1 + \vec{v}_2 = \vec{u}_1 + \vec{u}_2 \quad (5)$$

$$v_1^2 + v_2^2 = u_1^2 + u_2^2 \quad (6)$$

Bu durumda kütle merkezinin hızı ( $\vec{V}_{KM}$ ) aşağıdaki bağlantı ile hesaplanır:

$$\vec{V}_{KM} = \frac{1}{2}(\vec{v}_1 + \vec{v}_2) = \frac{1}{2}(\vec{u}_1 + \vec{u}_2) \quad (7)$$

Esnek olmayan çarpışmalarda kinetik enerjide bir kayıp söz konusudur. Çarpışmadan önceki kinetik enerji  $K_1$  ve çarpışmadan sonraki kinetik enerji  $K_2$  olmak üzere  $K_1 > K_2$ 'dir ve toplam kinetik enerji farkı ya ısı enerjisine dönüşür ya da çarpışan cisimlerde potansiyel enerji olarak depo edilir. Esneklik katsayısı  $e$  ise aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$e = \frac{(K_1 - K_2)}{K_1} \quad (8)$$



**Şekil 1.** Esnek ve esnek olmayan çarpışmalara örnekler

- Bilardo topları esnek çarpışma
- Newton beşiği esnek çarpışma
- Amerikan futbolu oyuncularını esnek olmayan çarpışma

**Soru 2:** İki bilardo topu havada çarpışıyor. İki bilardo topundan oluşan sistemin çarpışmadan hemen önceki ve çarpışmadan hemen sonraki momentumları eşit olur mu? Neden?

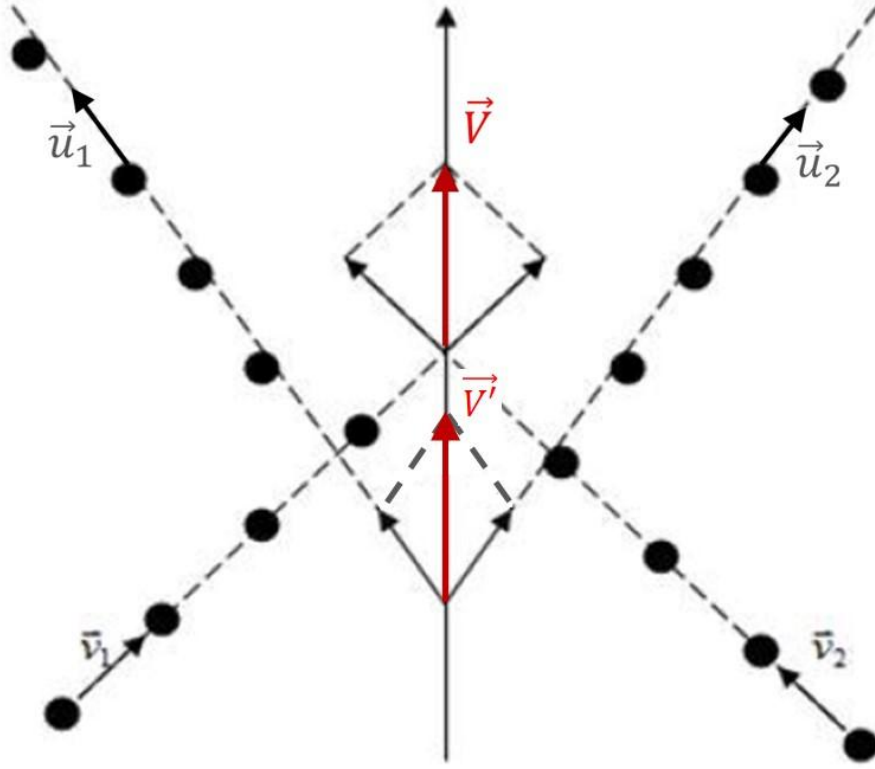
### 3. Deneyde Kullanılacak Araç ve Gereçler

- ✓ Hava masası
- ✓ Veri kağıdı
- ✓ Hesap makinesi ve cetvel

### 4. Deneyin Yapılışı

#### 4.A. Esnek Çarpışma

1. Hava masasını yatay konuma getirdikten sonra diskleri size yakın köşelerine koyunuz.
2. Hava masasını çalıştırınız ve çarpışmanın ortada bir yerde olacak şekilde diskleri hafifçe hızlandırıp bırakınız. Ark pedalına, disklere hareket verdikten sonra basılmalıdır. Aksi durumda disklerin birbirine göre herhangi bir andaki konumlarını bulmanız güçleşir. Elde ettiğiniz izleri inceleyiniz.
3. Cisimlerin çarpışmadan önceki ve sonraki hız vektörlerini (vektörlerin büyüklükleri hızları ile orantılı olmalıdır) Şekil 2’de görüldüğü gibi iz kağıdı üzerine çizdikten sonra, bu vektörlerin uzantılarının kesiştiği noktalar başlangıç olmak üzere, çarpışmadan önceki ve sonraki hızlarının vektörel toplamını paralelkenar metodu ile bulunuz.
4. Çarpışmada sistemin momentumunun korunup korunmadığını kontrol ediniz. (Sistemin çarpışmadan önceki ve sonraki toplam momentumlarının eşit olup olmadığını inceleyiniz. Momentumun korunması durumunda çarpışmadan önceki toplam momentumun (vektörel toplam) yönü ve büyüklüğü, çarpışmadan sonraki toplam momentumu yönü ve büyüklüğüne eşit olmalıdır).
5. Çarpışma öncesi ve sonrası hız değerlerini hesaplayarak kinetik enerjinin korunduğunu gösteriniz.
6. İz grafiğinde birbirine karşılık gelen noktaları gösteriniz. Hareket boyunca kütle merkezinin bulunduğu noktaları işaretleyiniz.
7. Kütlelerin eşit olması durumunda kütle merkezinin hızını bulunuz.



**Şekil 2.** Esnek çarpışma için, çarpışmadan önce ve sonra cisimlerin hızları

$$\vec{V} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2 \text{ (Çarpışmadan önce)}$$

$$\vec{V}' = \vec{u}_1 + \vec{u}_2 \text{ (Çarpışmadan sonra)}$$

### **DERS NOTLARI**

## Sonuç ve Rapor-1

<b>Deney adı:</b>
<b>Bölüm:</b>
<b>Ad, Soyad:</b>
<b>Öğr. no:</b>
<b>Grup no:</b>
<b>Deney tarihi:</b>
<b>Rapor teslim tarihi:</b>

**Tablo 1.** Deneyde kullanılan  $t$ ,  $m_1$  ve  $m_2$  değerleri

$t$ (s) =	
$m_1$ (kg) =	$m_2$ (kg) =

**Tablo 2.** Esnek çarpışma için çarpışmadan önce ve sonra hız, kinetik enerji ve momentum değerleri (Aşağıdaki tabloya bulduğunuz hız ve momentumların büyüklüğünü yazınız).

Çarpışmadan Önce		Çarpışmadan sonra	
$ \vec{v}_1  =$	$ \vec{v}_2  =$	$ \vec{u}_1  =$	$ \vec{u}_2  =$
$K_1 =$	$K_2 =$	$K'_1 =$	$K'_2 =$
$ \vec{P}_1  =$	$ \vec{P}_2  =$	$ \vec{P}'_1  =$	$ \vec{P}'_2  =$
$ \vec{P}_1 + \vec{P}_2  =$		$ \vec{P}'_1 + \vec{P}'_2  =$	
$ \vec{V}  =$		$ \vec{V}'  =$	

□



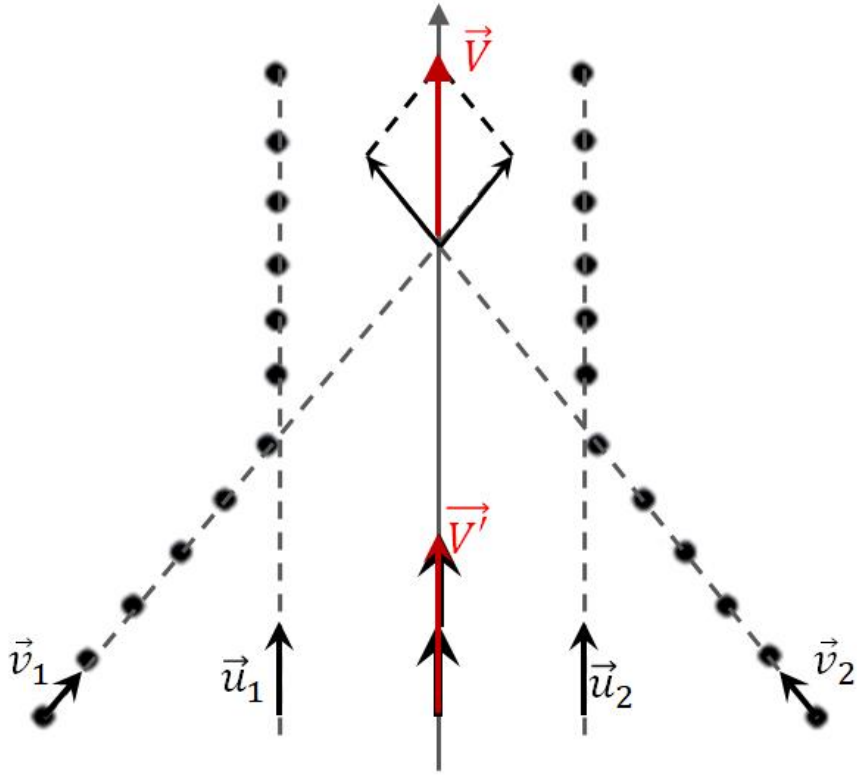
**Soru 3:** Kütle merkezi doğrusal bir yörünge boyunca hareket ediyor mu? Sizce bunun nedeni nedir?

**Soru 4:**  $\vec{V}$  ve  $\vec{V}'$  (büyüklük ve yön bakımından) birbirine eşit oluyor mu? Eşit ise disklerin kütleleri için ne söyleyebilirsiniz? Bu sonuç momentumun korunduğunu gösterir mi?

**Soru 5:** Hava masası daha önce kullandığımız düzeneklerle eğik hale getirilip çarpışma deneyi eğik düzlem üzerinde yapılırsa, sistemin çarpışmadan önceki ve sonraki momentumları eşit olur mu? Bu işlemde kinetik enerji korunur mu? Sebeplerini belirtiniz.

#### 4.B. Esnek Olmayan Çarpışma

1. Hava masasını yatay konuma getirdikten sonra disklerin etrafını yapışkan bantla sarınız ve diskleri hava masasının size yakın köşelerine koyunuz.
2. Hava masasını çalıştırınız ve çarpışma masanın ortasında bir yerde olacak şekilde diskleri hafifçe hızlandırıp bırakınız. Ark pedalına, disklere hareket verdikten sonra basılmalıdır. Aksi durumda disklerin birbirine göre herhangi bir andaki konumlarını bulmak güçleşir. Elde ettiğiniz izleri inceleyiniz.
3. Cisimlerin çarpışmadan önceki ve sonraki hız vektörlerini (vektörlerin büyüklükleri hızları ile orantılı olmalıdır) Şekil 3'te görüldüğü gibi iz kağıdı üzerine çizdikten sonra, çarpışma öncesi için bu vektörlerin uzantılarının kesiştiği noktalar başlangıç olmak üzere hızların vektörel toplamını paralelkenar metodu ile bulunuz. Çarpışma sonrası için uzantılar kesişmeyeceğinden, vektörler aynı yönlü paralel vektörler olacaktır.
4. Çarpışmadan önce ve sonra cisimlerin hızlarını hesaplayarak sistemin momentumunun korunduğunu gösteriniz.
5. Çarpışma öncesi ve sonrası kinetik enerjileri hesaplayarak kinetik enerjinin korunmadığını gösteriniz.
6. Esneklik katsayısını bulunuz.
7. İz grafiğinde birbirine karşılık gelen noktaları gösteriniz. Hareket boyunca kütle merkezinin bulunduğu noktaları işaretleyiniz.
8. Kütle merkezi için  $V$  hızının büyüklüğünü ölçünüz ve kütle merkezi hız eşitliğinden de hesaplayıp karşılaştırınız.



Şekil 3. Esnek olmayan çarpışma için, çarpışmadan önce ve sonra cisimlerin hızları

### DERS NOTLARI

## Sonuç ve Rapor-2

<b>Deney adı:</b>
<b>Bölüm:</b>
<b>Ad, Soyad:</b>
<b>Öğr. no:</b>
<b>Grup no:</b>
<b>Deney tarihi:</b>
<b>Rapor teslim tarihi:</b>

**Tablo 3.** Deneyde kullanılan  $t$ ,  $m_1$  ve  $m_2$  değerleri

$t$ (s) =	
$m_1$ (kg) =	$m_2$ (kg) =

**Tablo 4.** Esnek olmayan çarpışma için çarpışmadan önce ve sonra hız, kinetik enerji ve momentum değerleri (Aşağıdaki tabloya bulduğunuz hız ve momentumları büyüklüğünü yazınız.)

Çarpışmadan Önce		Çarpışmadan sonra	
$ \vec{v}_1  =$	$ \vec{v}_2  =$	$ \vec{u}_1  =$	$ \vec{u}_2  =$
$K_1 =$	$K_2 =$	$K'_1 =$	$K'_2 =$
$ \vec{P}_1  =$	$ \vec{P}_2  =$	$ \vec{P}'_1  =$	$ \vec{P}'_2  =$
$ \vec{P}_1 + \vec{P}_2  =$		$ \vec{P}'_1 + \vec{P}'_2  =$	
$ \vec{V}  =$		$ \vec{V}'  =$	

# DENEY

## 7

# DÖNEM SONU GÖSTERİ

# DENEYLERİ



**Arşimet:** "Bana yeterli uzunlukta bir kaldıraç ve bir destek noktası verin,  
Dünyayı kaldırayım"

- 1- DİNAMOMETRE
- 2- PALANGALAR
- 3- KALDIRAÇLAR
- 4- EĞİK DÜZLEM
- 5- SÜRTÜNMELİ TORK

## 1. Amaç:

Öğrencilerin yarışma formatında çeşitli deneyleri eğlenceli bir şekilde gözlemleyerek öğrenmeleri.

## 2. Ön Hazırlık

### 2.1. Giriş

Dönem sonunda gerçekleştirilecek olan bu aktivite, öğrencilerin dönem boyunca kazandıkları gözlem ve hesaplama yeteneklerini, farklı bakış açılarını ve görev paylaşımı yaparak verilen görevi en kısa sürede ve en doğru biçimde nasıl yapacaklarını öğretme ve test etme amaçlıdır. Bu etkinlik sonunda, öğrencilerin, dinamometrenin kullanımı, yay sabiti bulma, kalibrasyon, basit makinalarda iş kavramı, kuvvet kazancı, tork, potansiyel ve kinetik enerji, dönme momenti, korunumlu ve korunumsuz kuvvetler gibi kavramları öğrenmeleri sağlanacaktır.

**Kuvvet:** Hareket eden bir cismi durduran, duran bir cismi hareket ettiren, cisimlerin şekil, yön ve doğrultularını değiştiren yönü ve büyüklüğü olan etkiye kuvvet denir. Örneğin Dünya'nın, üzerindeki nesnelere yaptığı etkiye yerçekimi kuvveti denir.

**Korunumlu kuvvet:** Bir kuvvetin, herhangi iki nokta arasında hareket eden bir parçacık üzerinde yaptığı iş, parçacığın aldığı yoldan bağımsızsa; bu kuvvete korunumlu kuvvet denir. Kapalı bir yol boyunca, korunumlu bir kuvvetin parçacık üzerinde yaptığı iş sıfırdır. Kütle çekim kuvveti ve yayın çekme kuvveti korunumlu kuvvetlere örnek olarak verilebilir.

**Korunumsuz kuvvet:** Kinetik ve potansiyel enerjilerin toplamı olarak tanımladığımız sistemin toplam enerjisinde bir değişime neden olan kuvvete korunumsuz kuvvet denir. Sürtünme kuvveti korunumsuz kuvvetlere bir örnektir.

**Kuvvetten kazanç:** Bir sistemin bir işi daha küçük bir kuvvetle yapmasına denir.

**İş:** Uygulanan kuvvet doğrultusunda cismin konumunda yapılan yer değiştirmeye iş denir.

$$W = \vec{F} \cdot \vec{x} \quad (1)$$

**Kinetik enerji:** Hareket eden cisimlerin sahip olduğu enerji şeklindedir. Örneğin, yukarı

fırlatılan bir taş, maksimum noktaya ulaştığı ve yere düştüğü anlar hariç, hareketi süresince belirli bir kinetik enerjiye sahiptir.

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

**Potansiyel enerji:** Cisimlerin çevreye göre konumu veya buldukları fiziksel durumlardan ötürü depoladığı kabul edilen enerji türüdür. Örneğin, barajlarda biriken su, sıkıştırılan veya gerilen yay potansiyel enerji depolar. Kütleçekimsel potansiyel enerji

$$E_p = mgh \quad (3)$$

olarak verilir.

**Kalibrasyon:** Bir ölçüm aletinin daha doğru sonuçlar verecek şekilde belli bir standarda göre göstergesinin ayarlanmasına kalibrasyon denir.

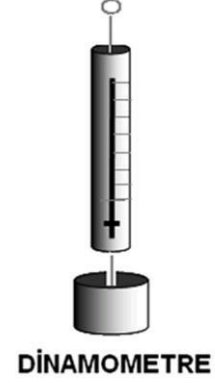
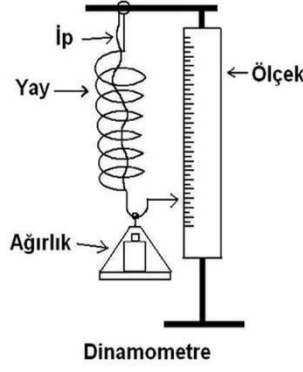
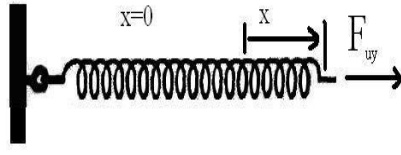
**Basit Makinalar:** İş yaparken bir takım araçlardan faydalanırız. Bir basit makine, aletin bir noktasına bir dış kuvvet uygulandığında başka bir noktadaki cisme kuvvet uygulayan mekanik bir aygıttır. Basit makineler işleri yapmakta bir takım kolaylıklar sağlarlar. Fakat kuvvetten kazanç sağlandığında, yoldan kayıp ya da yoldan kazanç sağlandığında, kuvvetten kayıp meydana gelir. Bu olay sisteme etki eden korunumlu kuvvetlerin yaptığı iş sırasında enerjinin korunduğunu gösterir. Bu araçlar kerpeten, kaldıraç, el arabası, palanga, makas, vida gibi araçlardır. Bu tip araçlara basit makineler denir.

## 2.2. Teorik Kavramlar, Formüller ve Güncel Bilgiler

### 1- DİNAMOMETRE

Dinamometre, metallerin esneklik katsayısından yararlanılarak yapılan, kuvvet ölçmeye yarayan bir alettir. Çalışma prensibini Hooke yasası açıklar. Hooke yasasına göre, yayın esneklik sınırlarına kadar, yaya etki eden kuvvet yayda, büyüklüğüyle orantılı bir uzama meydana getirir. Bu orantı sabitine yay sabiti denir ve  $k$  ile gösterilir.

$$F_{yay} = -kx \text{ (Hooke Yasası)}$$



Şekil 1. Dinamometre ve çalışma prensibi.

**Okuma Parçası:** Ağırlık ve kütle çok karıştırılan iki niceliktir. Ağırlık, cismin kütlesine (birimi kg'dır), yerçekimi ivmesinin etki etmesiyle yerin merkezine doğru oluşan kuvvettir (birimi Newton'dur). Bu nedenle "bana 2 kg ağırlığında elma ver" cümlesindeki ağırlık tabiri yanlıştır. Çünkü ağırlığın birimi Newton olmalıdır. Özellikle köy pazarlarında, satıcıların, alacağımız ürünün ağırlığını ölçmek için, ürünü elindeki bir alete astığını gözlemlemiştinizdir. İşte bu alet, esasta, aldığımız ürünün kütlesine etki eden yerçekimi kuvvetini ölçer ve dinamometre olarak adlandırılır. Fakat gösterge çizelgesi kuvvet yerine kütleyle çevrilerek ölçeklendirilmiştir. Yani dinamometrenin esas ölçtüğü şey kütleyle etki eden yerçekimi kuvvetidir ve ölçüldüğü yerdeki yerçekimi ivmesine bağlıdır. Bu nedenle kütle çizelgesi olan dinamometreler aynı kütleyle ekvator ve kutuplarda farklı farklı ölçebilirler.

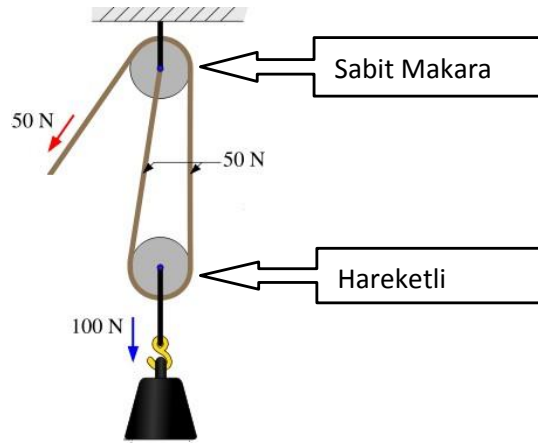


Şekil 2. Eski tarihlere kullanılan tartı aleti.

## 2- PALANGALAR

**Sabit makaralar:** Sabit bir noktaya asılan ve dönerek cisimlerin hareket etmelerini kolaylaştıran makaraya, sabit makara denir. Cisim, ancak kendi ağırlığına eşit bir kuvvetle kaldırılabilir yani kuvvet kazancı yoktur. Fakat kuvvetin yönünü değiştirebilme imkânını verdiği için iş yapma kolaylığı sağlar.

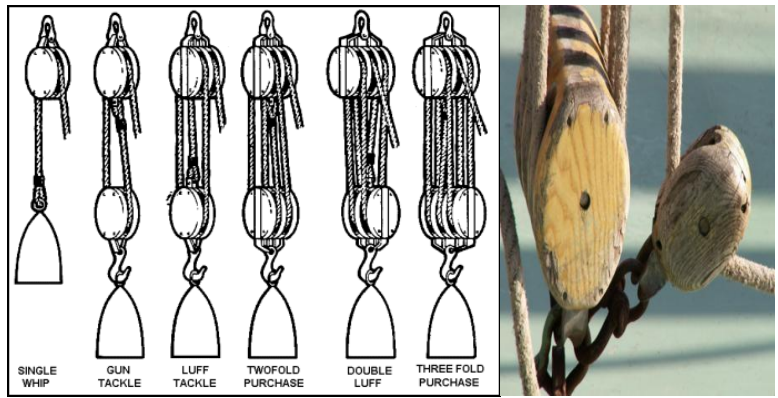
**Hareketli makaralar:** Makaranın dönme eksenine bağlanan yüklerle birlikte hareket eden makaralardır. Bu makaralarda makara sistemlerine ve sayısına göre kuvvetten belirli bir kazanç sağlanır.



Şekil 3. Sabit ve hareketli makara sistemi.

**Okuma Parçası:** Palangaların en sık kullanıldığı yerlerden biri yelkenli tekneleridir. Normalde bir insanın çekebileceği ağırlıktan daha ağır nesnelere kaldırabilmesi için farklı özelliklere sahip palangaları bolca kullanılır. Aşağıda şekilde görülen farklı palangalar, denizcilik dilinde farklı isimlere sahiptir.

- 1-Tek basit makara
- 2- Subye
- 3-Kabasorta
- 4-Trifil
- 5-Manişka(duble makaralı)
- 6-Palanga (çoklu makaralı)

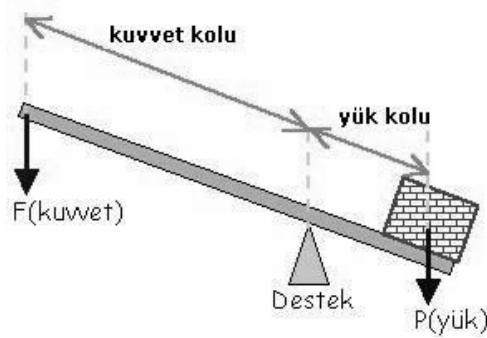


Şekil 4. Denizcilikte kullanılan farklı palanga türleri.



### 3- KALDIRAÇLAR

Bir destek noktası etrafında dönebilen sağlam yapılı çubuktan oluşan düzeneğe kaldıraç denir. Kaldıraçta kuvvetin destek noktasına olan uzaklığına kuvvet kolu, yükün destek noktasına olan uzaklığına da yük kolu denir ve aşağıdaki denklemi belirli koşullar altında her zaman sağlar. Kaldıraçlar esasında moment kavramına göre çalışırlar. Bir kuvvetin bir noktaya veya bir eksene göre döndürme etkisine o kuvvetin momenti denir.



Şekil 5. Basit kaldıraç.

Bir kuvvetin momenti;

$$\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F} \quad (4)$$

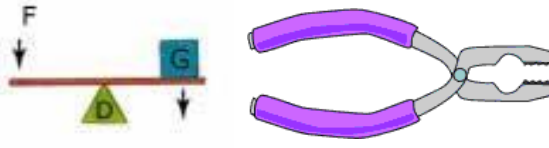
formülü ile hesaplanır. Buradaki vektörel çarpımdan, kuvvetin destek noktasına olan dik bileşeninin ya da kuvvetin destek noktasına olan dik uzaklığının alınması gerektiği görülebilir. Bu nedenle moment, büyüklük olarak;

$$M = |\vec{F}| |\vec{r}| \sin\theta. \quad (5)$$

formülü yardımıyla hesaplanır.

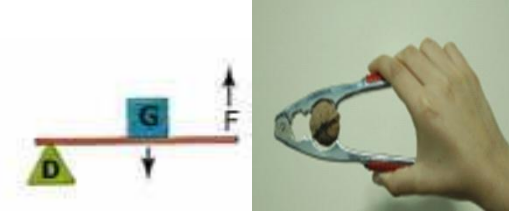
Kaldıraçlar kuvvet, yük ve desteğin konumuna göre 3 farklı şekilde incelenebilirler.

#### a. Desteğin ortada olduğu kaldıraçlar



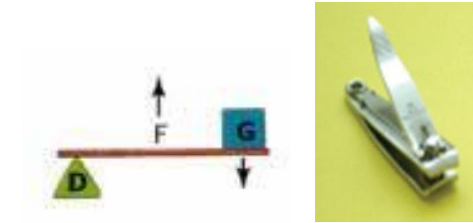
Bu kaldıraçlarda destek ortadadır. Makas, pense, tahterevalli gibi aletler bu kaldıraçlara örnektir.

#### b. Yükün ortada olduğu kaldıraçlar



Bu kaldıraç türlerinde yük ortada bulunur. Günlük hayatta kullandığımız fındık kıracağı, menteşeli kapılar, el arabaları bu türden kaldıraçlara örnek olarak verilebilir.

#### c. Kuvvetin ortada olduğu kaldıraçlar



Kuvvetin orada bulunduğu kaldıraçlara örnek olarak tenis raketi, cımbız ve tırnak makası gibi araçlar verilebilir.

Şekil 6. Desteğin (a), Yükün (b) ve kuvvetin (c) ortada olduğu kaldıraçlar.

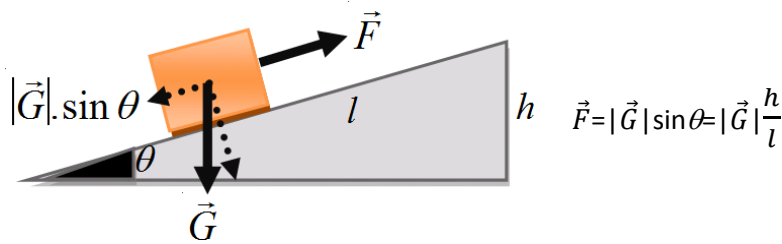
**Okuma Parçası:** Mancınık, (Katapult) Orta Çağda savaşlarda ve kuşatmalarda, duvarları hasara uğratmak için kullanılan, bir kol kullanılarak uzak mesafelere fırlatmalar yapabilen



Şekil 7. Mancınık sistemi.

kuşatma makineleridir. Mancınık, MÖ. 5. ile 3. yüzyılda Çin'de icat edilmiştir. Mancınığın çalışma mekanizmasının temelinde moment vardır. Kısa kuvvet koluna sahip büyük bir kuvvet (sağda görülen tahta bölme içindeki büyük kütlenin ağırlığı) uzun kuvvet koluna sahip küçük bir kütleye, moment kurallarına göre daha fazla yer değiştirme yapmasına neden olacak ve bu sayede hız kazanan kütlenin daha uzağa fırlatılmasını sağlayacaktır.

#### 4- EĞİK DÜZLEM



Şekil 8. Eğik düzlemde bloğa etki eden kuvvetler.

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi  $G$  yükünü  $h$  kadar yükseğe çıkarmak için  $l$  kadar mesafe gitmek gerekirken yükü bu mesafeye kaldırmak için gerekli kuvvet  $\frac{h}{l}$  kadar küçülmektedir. Yani yapılan iş, yerçekimi kuvveti korunumlu bir kuvvet olduğu için sabittir.

## 5- SÜRTÜNMELİ TORK

Enerjinin korunumu yasası, enerjinin yoktan var ve tamamen yok edilemeyeceğini, ancak başka şekillere dönüşebileceğini söyler. Bu ilke daha sonra termodinamiğin birinci yasası olarak anılmaya başlanmıştır. Bir cisme sadece korunumlu kuvvetler etkiyorsa hareket süresince cismin potansiyel enerjisi ile kinetik enerjisi değişebilir. Ancak potansiyel ve kinetik enerjilerin toplamı olan mekanik enerji sabit kalır. Buna mekanik enerjinin korunumu denir. Sisteme herhangi bir korunumlu olmayan kuvvet etkirse mekanik enerjinin korunumu artık söz konusu olamaz. Ancak mekanik enerjiden daha kapsamlı bir kavram olan enerjinin korunumu tüm koşullarda geçerli olan bir ilkedir.

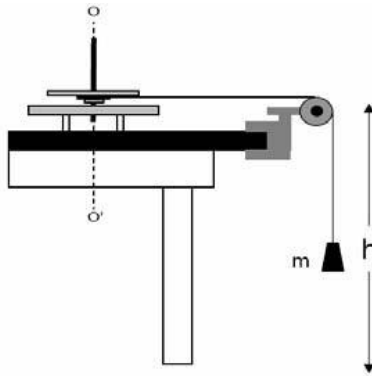
Bir sistemin iç enerjisindeki artış ( $\Delta U$ ): sisteme verilen ısı ( $Q$ ) ile sistemin çevresine uyguladığı iş ( $W$ ) arasındaki farktır.

$$\Delta U = U_2 - U_1 = Q - W \quad (6)$$

Toplam enerji, maddenin yapısına bağlı iç enerji ( $U$ ) ve koordinat eksenlerine bağlı olan kinetik enerji ( $E_K$ ) ve potansiyel enerji ( $E_p$ ) olarak ayrılabilir.

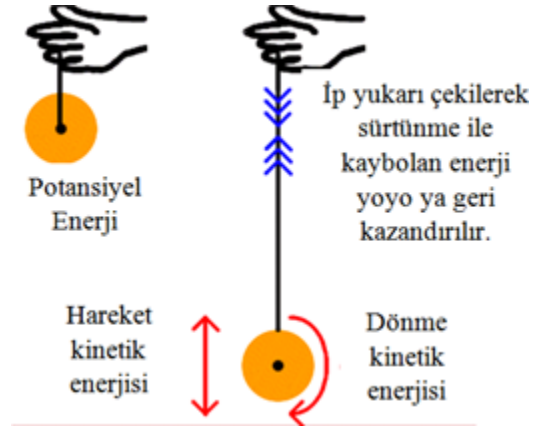
$$E = U + E_K + E_p \quad (7)$$

Sürtünme kuvvetinin korunumsuz bir kuvvet olduğundan daha önce bahsetmiştik. Bu nedenle sürtülmeli tork deneyinde mekanik enerji korunmaz. Toplam enerjinin korunumunu göz önünde bulundurarak aşağıda resmi görülen sistemin enerjisini yorumlamaya çalışacağız. Aşağıda şematik olarak gösterilen sistem, düşey bir eksen etrafında dönebilen disk şeklinde bir tabla ile  $h$  yüksekliği boyunca düşen bir  $m$  kütlelerinden oluşmuştur.  $m$  kütlelerinin ağırlığı  $r$  yarıçaplı bir makaraya sarılı olan ipi çekerek, tablayı döndürür.



Şekil 9. Sürtülmeli tork deney düzeneğinin şematik gösterimi.

**Okuma Parçası:** Yoyo, iki adet eş ağırlıklı halkanın ortalarından bir metal veya tahta çubuk ile tutturulmaları ve bu çubuğa ip sarılması ile oynanır hale gelen bir oyuncaktır. İlk olarak Çin’de kullanıldığı düşünülen bu aletin ilk tarihi kaydı M.Ö. 500 yıllarında Yunan metinlerinde görülmektedir. Bunun yanında 16. yy da Filipinli avcılar tarafından silah olarak kullanıldığı da yine tarihe geçmiştir. 18.yy da



Avrupa’ya geldiği düşünülen yoyo sonraki gelişim sürecini burada devam etmiş ve günümüzdeki yerini almıştır. Çocuklar tarafından oynanan bu güzel oyuncağın şaşırtıcı hareketinin fiziki açıklamasını yapacağımız deneyle anlamış olacağız.

### 3. Deneyde Kullanılacak Araç ve Gereçler:

- Dinamometre deney seti
- Palangalar Deney seti
- Kaldıraçlar Deney Seti
- Eğik Düzlem Deney Seti
- Sürtülmeli tork Deney Seti
- Kronometre
- Cetvel

### 4. Deneyin Yapılışı:

- Rasgele dörderli gruplar oluşturulacaktır.
- Her grup kendine bir isim verecektir.
- Her grup kendi içinden bir “sözcü” ve “gözcü” seçecektir.

**Gözcü:** Deney setini grup adına gelip inceleyecek kişidir.

**Sözcü:** Grup adına soru çözümlerini söyleyecek ve tartışacak kişidir.

- Her grup elemanlarına birer boş kâğıt dağıtılacaktır.
- Her soru için gözlem ve hesaplama süreleri öğrencilere verilecektir.
- Süre sonunda kâğıtlar toplanacak ve cevaplar tartışılacaktır.

- Sonuçlar ğrencilere duyurularak her gruba başarısına göre belirlenen bir puan verilecektir.
- Aldıkları toplam puanlara ve grup içi çalışmalarına göre her ğrenci ayrı ayrı değerlendirilecektir.

### **DERS NOTLARI**