FİZİK LABORATUVARI ÖĞRENCİLERİNE

1. Her öğrenci kendisine ayrılan ve ilan edilen laboratuvar saatinde, laboratuvarda yerini almış olmalıdır. Beyaz önlük giymek zorunludur.

2. Her öğrenci ilk hafta grup numarasına karşılık gelen deneye hazırlanacak, daha sonra ise hemen ardındaki deneyle laboratuvara devam edecektir. (Örneğin 3. gruptaki bir öğrenci ilk hafta 3. deney olan "Serbest Düşme" deneyini yapacak, bir sonraki hafta 4. deneye, daha sonra 5. deneye, … hazırlanacaktır.)

3. Her öğrenci yapacağı deney ile ilgili teorik bilgiyi önceden çalışarak ve deneyin yapılışını okuyarak gelmelidir.

4. Öğrenciye deneye başlamadan önce, deneyle ilgili sözlü veya yazılı bir sınav yapılacaktır. Öğrenci deneye hazır değilse telafiye bırakılacaktır.

5. Devamsızlık veya telafi sınırı 2 deneydir. Daha fazla sayıda deneye gelmeyen öğrenci dönem sonu sınav hakkını kaybeder. Başka bir deyişle, laboratuvar dersinden kalmış olur.

6. Öğrenciler yapamadıkları veya telafiye kaldıkları deneyleri, bütün deneyler bittikten sonra yapacaklardır.

7. Deney sonunda grup içindeki her öğrenci, deney boyunca elde ettikleri ölçümlerden oluşan bir veri kağıdı hazırlamalı ve bunu deneyin sorumlu asistanına imzalatmalıdır.

8. Grup içindeki her öğrenci, topladıkları verileri kullanarak bir deney raporu hazırlayacak ve laboratuvar asistanına bir sonraki hafta bu deney raporunu sunacaktır. Deney raporu çizgisiz kağıda, tükenmez ya da dolma kalemle hazırlanmalıdır. Hazırlanan raporlarda veri kağıdı mutlaka bulunmalıdır. Veri kağıdı olmayan ve zamanında getirilemeyen raporlardan öğrenci "0" alacaktır.

9. Bu laboratuvarda her öğrenci 10 deney yapacaktır. Bu deneylerden alınan rapor notlarının ve vize haftasında yapılan yazılı sınav notunun ortalaması, öğrencinin vize notu olarak geçecektir.

10. Öğrenci laboratuvardaki deney düzeneklerinin kullanımı konusunda titiz davranmalı ve deney boyunca kendi masasından ayrılmamalıdır.

İÇİNDEKİLER

DENEY RAPORUNUN YAZILIŞI

Laboratuvarda bulunan sorumlu asistan, ilk hafta sizlere deney raporunun nasıl yazılacağını anlatacaktır. Burada örnek bir raporun ana hatlarını vereceğiz, grafik çizimi ve kısaca ölçümlerdeki belirsizlik veya hata kavramından bahsedeceğiz.

Deney Raporu

Deney raporu genellikle şu alt başlıklara sahip olacaktır: Başlık, Amaç, Teorik Bilgi, Deneyin Yapılışı, Verilerin Analizi, Soruların Cevapları ve Sonuç Yorum.

Her deneyin Başlığı ve Amacı deney kılavuzunda daima verilir. Sadece kopya etmeniz yeterli olacaktır.

Teorik Bilgi kısmı da laboratuvar kılavuzunda (föyde) verilir. Fakat öğrenciler burada deneye hazırlanırken farklı kaynaklardan araştırdıkları bilgileri de paylaşmalı, sadece föydeki teorik bilgiyi rapora geçirmemelidir. Teorik bilgi kısmında ayrıca, deneyle ilgili önemli formüller yazılmalı ve kullanılan sembollerin ne oldukları belirtilmelidir.

Deneyin Yapılışı kısmında öğrenci basit ve açık bir şekilde deneyde ne yaptığını kendi cümleleri ile kısaca anlatmalıdır.

Verilerin Analizi kısmında öncelikle, yaptığınız bütün ölçümler açıkça kaydedilmelidir. Daha sonra sizden istenilen hesaplamalar, teorideki formüller kullanılarak yapılmalıdır. Bazı deneylerde grafik çizmeniz gerekebilir. Genellikle bir doğru grafiği çizilir. Sonuçlar, grafiğin eğiminden ve eksenleri kesim noktalarından elde edilir. Grafik çizildikten sonra, bütün hesaplamalar bu bölümde yapılacaktır. Birim kesinlikle unutulmamalı ve birimlere özenle dikkat edilmelidir. Deneylerde genellikle bir büyüklük ölçülür (örneğin yer çekimi ivmesi). Sonuçta ölçülen büyüklüğün sonucu uygun güvenilir basamaklarla yazılır. Deney sonucunda kendi ölçümünüz ile ölçülen büyüklüğün bilinen değeri arasındaki fark sorulur. Örneğin: Yer çekimi ivmesi g'nin kabul edilen değeri 9,8 m/s^2'dir. Sizin deney sonucu 9,2 m/s^2 ise

$$\text{yüzdelik fark} = \frac{|\text{deneysel değer-teorik değer}|}{\text{teorik değer}} x100$$

$$\text{yüzdelik fark} = \frac{|9.2 - 9.8\ |}{9.8} x100 = 6.1$$

Yani, fark % 6.1'dir.

Not: Her öğrenci bağımsız olarak deney raporunu hazırlayacaktır.

Soruların cevapları kısmında her deney sonundaki sorular özenle cevaplanmalıdır.

Sonuç ve Yorum kısmında yaptığınız deneyle ilgili ne öğrendiğinizi, deneydeki amaca ne kadar ulaşıldığını, hatalar varsa neden olabileceğini ve bu deneyin size neler kattığını kendi cümlelerinizle belirtiniz.

RAPOR İÇERİĞİ

ADI-SOYADI:
FAKÜLTE NUMARASI:
BÖLÜMÜ:
GRUP NO:
DENEY NO:
DENEY ADI:
DENEY AMACI:
TEORİK BİLGİ:
DENEYİN YAPILIŞI:
VERİLERİN ANALİZİ:
SONUÇ YORUM:
SORULARIN CEVAPLARI:

FİZİKSEL ÖLÇÜMLER VE HATALAR

Fizikte hiçbir ölçüm hatasız değildir. Deneylerde bulunan sonuçlar, ölçüm hataları belirlenmedikçe hiçbir anlam ifade etmez. Yani her ölçülen değerde, bu değerin güvenilirlik sınırları yani hata sınırları belirlenmelidir. Bir laboratuvarda karşılanan hatalar sıklıkla dalgınlık veya saçmalıklar, sebebi açıklanabilir hatalar, sistematik hatalar ve istatistik hatalardan oluşur. Bir ölçümün hassasiyeti istatistiksel hatanın büyüklüğüne bağlıdır. Diğer taraftan, ölçümün doğruluk derecesine bu dört çeşit hatanın ayrı ayrı katkısı vardır.

Dalgınlık veya Saçmalıklar: Bu basit fakat bir deneyde olmaması gereken bir hatadır. Genellikle ölçümün tekrarı ile düzeltilebilir. Kütlesi 69,4 g olan bir cismin kütlesini 96,4 g olarak kaydetmek veya 2/(1/2)=1 olarak hesaplamak gibi hatalar bunlardandır.

Sebebi Açıklanabilir Hatalar: Bu tür hatalar ölçümü yapılacak büyüklüğün tarifinde açıklık olmadığı durumlarda meydana gelir. Örneğin, kendi boyunu ölçmek istiyorsun. Ayakkabı ile mi ayakkabısız olarak mı ölçeceksin? Saçın kabarık olduğu halde mi ölçmek lazım yoksa kabartmayarak mı? Hatta sabah mı yoksa akşam eve döndüğünde mi ölçeceksin? (Günün sonunda kendinin sabaha göre yaklaşık 1 cm daha kısa olduğunu göreceksin, omurgaların gün boyunca sıkışmasından dolayı.) Bir yerde, havanın basıncının, sesin hızının vs. ölçümlerinde bu tür hatalara düşülebilir. Bu sebepten ölçüm şartlarının belirtilmesi gerekir. Havanın sıcaklığı, hava şartları, nerede yapıldığı gibi şartların belirtilmesi gerekir.

Sistematik Hatalar: Bu tür hatalar, adından da anlaşılacağı gibi sistemin kendisinden kaynaklanan sabit hatalardır ve sonucu sürekli aynı yönde etkiler. Hatalı ayarlanmış bir alet veya baskül gibi sıfırlanmamış ibreli bir ölçüm aleti, uçları yıpranmış bir çubuk metre sürekli hata verir. Ancak bu hatalar hep bir yönde olur. Alet, ya hep daha büyük ölçer veya hep küçük ölçer. Sistematik hatalar şu yöntemlerle giderilebilir:

1. Düzenli hata miktarlarını hesaplayıp, ölçmelere düzeltme şeklinde uygulayarak
2. Ölçmelere başlamadan önce, alet hatalarından ileri gelen sistematik hata kısmı ya giderilmek ya da küçültülmek amacıyla aletin kontrol ve düzenlemelerini yaparak
3. Uygun bir ölçme yöntemi uygulayarak

İstatistik Hatalar: Fizikte ölçüm hassaslığının doğal olarak sınırlı oluşundan, ölçülen nesne ya da ölçüm sistemindeki kararsızlıklardan kaynaklanan önemi olmayan, genellikle küçük ve çift yönlü hatalardır. Bu tip hataların varlığı aynı ölçümün çok sayıda yenilenmesiyle belirlenebilir. Ölçülen sonuçlar birbirinden farklı olup belirli bir değer çevresinde dağılım gösterir. Bu hatalar ölçüm sonuçlarından ayıklanamaz, ancak hata paylarının ve ölçülen büyüklüğün hangi sınırlar içinde güvenilir olduğunun yaklaşık olarak saptanması olasıdır. Bu tip hataların ölçüm sonuçlarına etkisi, aynı ölçümün çok sayıda yinelenmesi ve sonuçların istatistiksel değerlendirilmesiyle azaltılabilir.

Bir fiziki büyüklük x, N kez ölçüldüğünde, ölçüm sonuçları $x_1, x_2, \ldots, x_N$ olsun. Buna göre x'in ortalama değeri x_{ort};

$$x_{ort} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \ldots + x_N}{N}$$

olarak verilir. x_{ort} değeri, x'in en yaklaşık değeridir. O halde bir büyüklük N kez ölçülmüşse, ortalama değerini ölçüm sonucu olarak alabiliriz. Bulunan ölçüm sonucu, ölçüm sayısı N ile orantılı olarak güvenirliği artıyor olmasına rağmen, deneylerde pratik sayıda tekrarlarla yetinmek zorundayız. x_{ort} ortalama değerindeki hata nedir? Kısaca buna bakalım.

Hataların saptanmasında uygulanan genel bir yöntem, ortalama sapma değerinin bulunmasıdır. Örneğin x_i $(i = 1, 2, 3, \ldots)$ ölçümündeki sapma,

$$d_i = x_i - x_{ort}$$

ve ortalama sapma

$$\bar{d} = \frac{|d_1| + |d_2| + |d_3| + ... + |d_N|}{N}$$

Bu eşitlik x_{ort}'dan ortalama sapmayı verir ve ortalama, istatistik hata olarak alınabilir.

N ölçüm için ortalama değerden sapma, ölçülen değerin hassaslığının saptanmasında bir ölçü olabilir. Ancak bu sapma miktarı gerçek hata değildir. Bu yalnızca istatistik hatanın saptanmasında bir yaklaşım olarak düşünülmelidir. Laboratuvar çalışmalarında öğrenci, ortalama değerden sapma olmasına rağmen $\bar{d}$'yi hata olarak alabilir. Bir seri ölçüm sonucunda $\bar{d}$ küçük ise x_{ort}'u hassas olarak, $\bar{d}$ büyükse daha az hassaslıkla ölçülmüş demektir. Yani ortalama sapma istatistik hatanın büyüklüğünün saptanmasında yalnızca bir kıstastır. Ortalama değer ve sapmanın anlamlı olabilmesi N sayısının büyüklüğüyle orantılı olacağından, öğrenci laboratuvar çalışmalarında N ölçüm sayısının saptanmasında pratik bir yaklaşım yapmalıdır.

İstatistik hataların saptanmasında çok kullanılan başka bir yöntem de standart sapma σ olmak üzere;

$$\sigma = \sqrt{\frac{d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + ... + d_N^2}{N-1}}$$

olarak verilir. Öğrenci deney sonuçlarının analizinde $\bar{d}$ ya da σ'dan herhangi birini kullanabilir. σ'nın seçimi, büyük sapmalara daha fazla önem verildiğini gösterir. Standart sapma, yinelenen ölçüm sonuçlarının hangi sınırlar içinde değişebileceğinin saptanmasında basit bir yaklaşımdır.

Ölçümlerin çok sayıda yinelenmesinin olası olmadığı, sistematik hatanın varlığından şüphe edildiği, ya da hassas olmayan ölçü aletlerinin kullanıldığı durumlarda, ölçüm hatalarının saptanmasında en uygun yol, olası en büyük hata değerinin alınmasıdır. Ölçülen bir x uzunluğunun olası en büyük hata değeri Δx olsun, bu durumda ölçümün gerçek değeri $x - \Delta x$ ve $x + \Delta x$ arasında değişecektir.

Ölçümler çoğunlukla direkt olarak yapılamaz. Başka değerler ölçülür ve belirlenmesi istenen fiziki büyüklük hesaplanır. Bu durumda değişik büyüklüklerin ölçümünden gelecek hata paylarının sonuç üzerindeki bileşik etkisinin saptanması gerekir. Bu durumlarda hataların hesabında kullanılacak yöntemleri kısaca inceleyelim.

$r = f(x, y, z)$ bağıntısı ile verilen r fiziki büyüklüğün, x, y, z büyüklüklerinin ölçümüyle hesaplanacak olduğunu kabul edelim. x, y ve z'nin ölçümünde olası en büyük hata sırasıyla $\Delta x, \Delta y, \Delta z$ ise bu değerlerin r'nin değişimine etkisi,

$$\Delta r \leq |f(x+\Delta x, y, z) - f(x, y, z)| + |f(x, y+\Delta y, z) - f(x, y, z)| + |f(x, y, z+\Delta z) - f(x, y, z)|$$

şeklinde olacaktır. Bu ifade daha sade olarak, kısmi türevler biçiminde de yazılabilir:

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

Bu ifadenin uygulanmasına ilişkin bazı örnekler inceleyelim:

Toplama

$r = x + y$ şeklinde ise

$$\Delta r = |\Delta x| + |\Delta y| = \Delta x + \Delta y$$

olarak bulunur. Yani toplamdaki hata, hatalar toplamına eşittir.

Çıkarma

$r = x - y$ ise

$$\Delta r = |\Delta x| + |-\Delta y| = \Delta x + \Delta y$$

şeklindedir. Farktaki hata, toplamada olduğu gibi hatalar toplamına eşittir.

Çarpma

$r = xy$ ise

$$\Delta r = |y\Delta x| + |x\Delta y| = y\Delta x + x\Delta y$$

ya da eşitliğin her iki tarafını r=xy ile bölerek

$$\Delta r/r = (\Delta x/x) + (\Delta y/y)$$

bulunur. r'deki hata oranı $\Delta r/r$, x ve y'deki hata oranı toplamlarına eşittir.

Bölme

$r = x/y$ ise

$$\Delta r = |\Delta x/y| + |(-x/y^2)\Delta y| = (\Delta x/y) + r(\Delta y/y)$$

her iki tarafı $r = x/y$' ye bölersek,

$$\Delta r/r = \Delta x/x + \Delta y/y$$

bulunur. Bölmede r'deki hata oranı $\Delta r/r$, x ve y deki hata oranları toplamına eşittir.

Üstel Fonksiyon

$r = x^n$ ise (n herhangi bir sayı)

$$\Delta r = nx^{n-1}\Delta x$$

her iki taraf $r = x^n$'e bölünürse,

$$\Delta r/r = n(\Delta x/x)$$

bulunur. x'in n. kuvveti için hata oranı, x'in hata oranının n katıdır.

GRAFİK ÇİZİMİ

Grafikler, deney verilerinin iki boyutlu olarak görsel hale getirilmesiyle aralarındaki ilişkinin daha net görülebildiği ve yapılmayan denemelerin de tahmin edilebilmesine olanak sağlayan ölçekli çizimlerdir.

Grafik kâğıdına çizilmek istenen iki boyutlu bir grafik, iki değişken arasında çizilir. Bunlar, seçtiğimiz bağımsız ve bundan etkilenen bağımlı değişkendir. Ayrıca her grafiğin bir başlığı bulunmalıdır.

Değişken, belirli şartlar altında değişimi veya sabit tutulması olayların gidişatını etkileyebilecek tüm faktörlerdir. Bir bilimsel araştırmada 3 çeşit değişken bulunur.

Bağımsız değişken (değiştirilen değişken): Bir deneyde araştırmacı tarafından araştırma problemine uygun olarak bilinçli değiştirilen faktör veya koşuldur.

Bağımlı değişken (cevap veren değişken): Bağımsız değişkendeki değişiklikten etkilenebilecek değişkendir.

Kontrol edilen (sabit tutulan) değişken: Araştırma boyunca değiştirilmeyen, sabit tutulan değişkenlerdir. Bir deneyde genellikle birden çok kontrol edilen değişken vardır.

Grafik Alanı ve Eksenler

Grafik alanının kullanımında ve eksenlerin çiziminde, şu hususlara dikkat edilmelidir;

1) Grafik kâğıdının uygun görülen miktarı kullanılır. Bu esnada, çizilecek grafiğin eni ve boyunun birbirine yakın olmasına özen gösterilmelidir.

2) Grafik kâğıdına uygun boyutlarda ve birbirine yakın ölçülerde yatay ve düşey eksenler cetvelle çizilir. Aksi belirtilmedikçe, çizilen eksenlerden yatay eksen bağımsız değişken, düşey eksen ise bağımlı değişkenin verilerini göstermelidir. Bu durumda çizilen grafik, Bağımlı Değişken = f (Bağımsız Değişken) fonksiyonunun grafiğidir.

3) Eksenlerin uçlarına ok çizilir ve ilgili değişkenin adı veya sembolü ile birimi yazılır. İstendiği takdirde, eksenin başına birim yazılırken değerler uygun bir katsayı ile çarpılmışsa bu değer çarpım olarak yazılabilir.

4) Eksenler, çizelgedeki ilgili değişkenin aldığı en yüksek ve en düşük değer göz önünde bulundurularak bölmelendirilmelidir. Eksenlerin kesiştiği nokta sıfır (0) alınabileceği

gibi, eksenlerden biri veya her ikisi için de uygun herhangi bir değer alabilir. Ancak bu değer belirtilmelidir.
5) Eksenlerin bölmelendirilmesi eşit aralıklı olmalıdır. Çizelgedeki değerler eksene yazılarak belirtilmez. Sadece ana bölmelerin değerleri eksene yazılır. Ancak iki eksen birbirinden bağımsız düşünülebilir. Yani bir eksendeki bölmelendirme ve aralık genişliği, diğer eksen için de aynı şekilde uygulanmak zorunda değildir.

Verilerin Grafik Alanına Yerleştirilmesi ve Grafiğin Çizimi

Grafik alanına veriler yerleştirilirken, şu hususlara dikkat edilmelidir;
1) Eksenlerin üzerinde birbirinin karşılığı olan değerler bulunur ve gözle takip edilerek çakıştıkları nokta tespit edilir. Deneysel noktayı tespit ederken noktanın eksenlere olan izdüşümleri kalemle işaretlenmez.
2) Deneysel noktaların eksenlere olan izdüşümlerine değişkenlerin değerleri yazılmaz.
3) Deneysel noktalar işaretlendikten sonra, işaretlenen noktalar yuvarlak içine alınır.
4) Tüm deneysel noktalar tespit edildikten sonra, noktaların oluşturduğu desen eğer doğrusal bir desen ise, cetvel ile noktalar birleştirilir; ilgili desen, doğrusal değilse, noktalar yumuşak tek bir çizgi ile birleştirilir.
5) Çizilen grafiğin uzantısı orijinden geçiyorsa orijinle birleştirilir.
6) Eğer aynı eksen sistemi üzerine birden fazla grafik çizilecek ise, grafik eğrilerinin bitimine eğriyi diğerlerinden ayıran değişkenin değeri belirtilir.

Grafik Analizi

Doğrusal desen elde edilen grafiklerde grafik üzerinde bir takım analiz işlemleri yapılır. Çünkü doğrusal grafikler için, $y = f(x)$ fonksiyonu, $y = ax + b$ şeklinde ifade edilebilir. Bu ifade genel doğru denklemidir. Burada b, doğrunun düşey ekseni kestiği nokta, a ise doğrunun x eksenine (yatay eksene) göre *eğimi*dir. Bu doğru denkleminden yararlanarak, iki değişken arasındaki ilişki formülleştirilebilir.

Bu ifadede, b sabitini bulmak kolaydır. Ancak, a katsayısını bulmak için birtakım işlemler gerekmektedir. Bunun için, grafik üzerinden deneysel noktalar dışında iki nokta seçilir ve bu noktalardan eksenlere paraleller çizilerek bir üçgen oluşturulur. Üçgenin yatay eksen ile yaptığı açı işaretlenir ve bir isim verilir. Bunun dışında herhangi bir karalama yapılmaz. Bu açının tanjantı alınarak, doğrunun eğimi bulunur. Doğrunun eğimi, a katsayısını verir. Böylece, $y = ax + b$ ifadesindeki tüm bilinmeyenler bulunmuş olur. İki değişken arasındaki ilişki böylelikle formülleştirilir.

Grafik Örneği

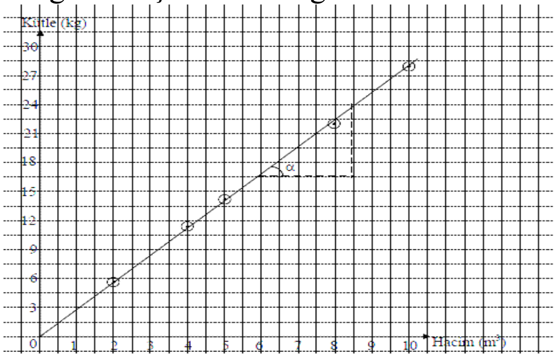
Örneğin, hacim ile kütle arasındaki ilişkiyi inceliyorsak bunları içeren bir çizelgeyi hazırlamış ve verilerimizi kaydetmiş olalım.

Çizelge 1. Hacim-Kütle ilişkisi (25 ºC sıcaklık ve 1 atm basınç altında)

Hacim (m^3)	Kütle (kg)
2,00	5,60
4,00	11,20
6,00	14,00
8,00	22,40
10,00	28,00

Yukarıdaki çizelgeye göre grafik çizimi gerçekleştirilir. Yukarıdaki adımları ele alalım.
1) Grafik kâğıdımızın uygun bir bölümüne grafiğimizi çizelim. Bunun için 15×15 cm olan grafik kâğıdımızın örneğin 10×10 cm’lik kısmını kullanalım.
2) Bağımsız değişken olarak seçilen hacim değişkenini yatay eksene, bağımlı değişken olarak seçilen kütleyi ise düşey eksene yerleştirelim. Bu durumda çizeceğimiz grafik, Kütle = f(Hacim) veya başka bir ifadeyle $m = f(V)$ fonksiyonunun grafiği olacaktır.
3) Eksenlerimizin uçlarına ilgili değişkenin adını ve birimini yazalım.

4) Eksenlerimizin her birinin uzunluğunu yaklaşık olarak 10 cm aldık. Yatay eksene yerleştirdiğimiz hacim için çizelgemizdeki verilerden en yüksek değer 10,0 m^3, en düşük değer ise, 2,00 m^3'tür. Buna göre eksendeki 1 cm'lik uzunluğa 1 m^3 karşılık gelebilir. Düşey eksene yerleştirdiğimiz kütle için ise, en düşük değerimiz 5,60 kg, en yüksek değerimiz ise 28,00 kg'dır. Buna göre eksendeki 1 cm'lik uzunluğa 3 kg karşılık gelebilir.
5) Uygun ana bölmeler seçildikten sonra yalnızca ana bölmelerin üzerine değerleri yazılır.
6) Deneysel noktalar tespit edilir ve işaretlenerek yuvarlak içine alınır. Örneğin, hacim 2,00 m^3 iken kütle 5,60 kg'dır. Eksenlerde bu iki nokta bulunur ve çakıştıkları nokta işaretlenir. Tüm noktalar için işlem tekrarlanır.
7)Tüm noktalar tespit edilip işaretlendikten sonra, noktaların oluşturduğu desene bakılır. Örneğimizde, noktalar bir doğru üzerine dizilmiş gibi görünmektedir (Şekil 1). Bu yüzden desenimizin doğrusal olduğunu düşünürüz. Doğrusal bir desen cetvelle çizilir.



Şekil 1

Grafik Analizi Örneği:

Bir maddenin hacmi ile kütlesi arasındaki ilişkiyi inceleyen grafiği analiz edelim;

Öncelikle, grafik doğrusu üzerinde deneysel noktalar dışında iki nokta seçilir. Örneğimizde, (6,00; 16,50) ile (8,50; 24,00) noktaları seçilmiştir (Şekil 1). Bu noktaların kesişimi işaretlenmiş ve yatay eksenle yaptığı açıya a ismi verilmiştir. Fonksiyonumuz, m = f(V) idi. Bu durumda doğrumuzun denklemi, m = aV + b olacaktır.

Doğrunun düşey ekseni kestiği nokta b sabitini veriyor idi. Doğrumuz, düşey ekseni orijinde kesmektedir. Dolayısıyla, b = 0 olur. İfadedeki a katsayısı ise, doğrumuzun eğimi idi. Bu durumda;

$$a = Eğim = \tan\alpha = \frac{(24.00 - 16.50)kg}{(8.50 - 6.00)m^3} = 3kg/m^3$$

olarak bulunur. Burada a ifadesine özel olarak öz kütle ismi verilir. Böylelikle, m = f(V) fonksiyonu, m = 3V şeklinde bulunmuş olur.

Bu ifadeden yararlanarak, ilgili madde için, değişik hacimlerinin kütlesi hesaplanabilir. Bu ifade bize m=d.V veya başka bir deyişle d=m/V ifadesini verir.

BİRİM SİSTEMLERİ

Fizik yasaları ve denklemleri ile uğraşırken tutarlı bir birimler kümesini kullanmak çok önemlidir. Yıllardır bir çok birim sistemleri kullanıla gelmiştir. Bugün en önemli birim sistemi SI (Le Systeme International d'Unites) ile gösterilen Uluslararası Sistem dir. Sistem aynı zamanda metrik sistem veya MKS (Metre, Kilogram, Saniye) olarak da bilinir. SI birim sisteminde uzunluğun standardı metre, kütlenin standardı kilogram ve zamanın standardı saniyedir.

İkinci bir birim sistemi, uzunluğun standardının santimetre, kütlenin standardının gram ve zamanın standardının saniye alındığı ve bu birimlerin adlarından elde edilen kısaltmayla CGS diye anılan sistemdir.

İngiliz mühendislik sistemi standartları ise; uzunluk için ayak (foot), kuvvet için pound, zaman için saniyedir.

DENEY 0
ÖLÇME
DENEYİN AMACI (A)
Çubuk metre ile ölçme yapmak.
DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR
Çubuk metre, tahta blok, iğne.
TEORİK BİLGİ
Fizik bilimi, ölçmeye dayanır. Bu nedenle fizik kanunlarının ifade ettiği nicelikleri ölçmeyi öğrenmemiz gereklidir. Uzunluk, zaman, kütle, hız, sürat, ivme, kuvvet, momentum, sıcaklık, yük, voltaj, akım, direnç, basınç, manyetik alan şiddeti, v.b. hepsi fiziksel niceliklerdir.

Birinci deneyin amacı hassas ölçme yapma alışkanlığını öğrenmektir. Bunun için önce doğru ölçme yönteminin öğrenilmesi gerekir. Bu da ölçü aletinin, ölçülecek yere doğru yerleştirilmesi ve doğru okuma için en uygun bakışın bilinmesidir.

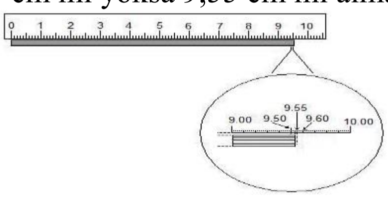
İyi bilinen bir ölçek cetveldir. Bilimsel çalışmalarda uzunluk, metrik cetvelle ölçülür. Bu cetvel santimetre (cm) ve onun onda biri olan milimetre (mm) olarak ölçeklendirilmiştir. Örneğin cetvel ile ölçmede, cetvelin sıfırı, ölçülecek boyutun başlangıcı ile çakışacak şekilde cetvel yerleştirilmeli ve boyutun bitiş ucuna karşılık gelen okuma cetvele dik şekilde bakılarak okunmalıdır.

Fiziksel ölçümlerde sadece 1 tane tahmini rakama izin verilir ve bu rakama da diğer rakamlar gibi anlamlı rakam gözüyle bakılır. Örneğin metrik bir cetvelle, uzunluğun önce "cm’ sini, sonra “mm’ sini ve son olarak da "mm’nin yarısını okuruz. Örnek vermek gerekirse, bir şeridin boyu (Şekil 1), metrik cetvelle 14,75 cm [veya 147,5 mm] ölçülmüşse, şu şekilde ölçme yapılmış demektir: 14 cm [veya 140 mm] + 0,7 cm [veya 7 mm] + 0,05 cm [veya 0,5 mm]. Bu "5" rakamı tahminidir, ancak yazılmalıdır. Çünkü bu rakam şeridin kesin olarak 147 mm’ den daha büyük olduğunu söyler. Ancak ne kadar büyük olduğu hakkında tahmini bir değer verir. Fakat 0,15 mm (ya da 0,015 cm), 0,25 mm, 0,45 mm veya 0,75 mm gibi tahminler anlamsızdır. Çünkü milimetrik cetvelde teorik olarak göz ile en fazla mm nin 1/10’unu ayırt edebiliriz (hassaslıkta ölçüm yapabiliriz). Bununla birlikte pratikte, gerek metrik cetvelin milimetre çizgilerinin kalınlığı, gerekse gözün iki metrik çizgi arasını ayırt etme hassasiyeti düşünüldüğünde; metrik cetvelde, tahmin edilebilecek makul sayı aralığı (yapılabilecek en büyük hata, bir diğer ifade ile ölçümün duyarlığı) ± 0,5 mm (ya da 0,05 cm) dir.

Herhangi bir ölçümde hata payının da gösterilmesi gereklidir. Örneğe geri dönülecek olursa, metrik cetvelde eğer 0,5 mm’lik bir hassasiyette ölçüm yapılmışsa, ölçüm sonucunun 14,75 ± 0,05 cm olarak verilmesi gerekir. O halde metrik cetvelde yapılabilecek hata ± 0,0005 (m) dir.

Metrik cetvelde bir cismin boyunu ölçerken, cismin uç noktası hangi çizgiye yakınsa o çizgi ölçümün hassasiyetini belirler. Bir başka deyişle ölçümümüzün en az anlamlı rakamı olur.

Şekil 1’de bir şeridin boyu 9,50 ile 9,60 cm arasındadır. Dikkatlice bakıldığında şeridin boyunun 9,55 cm’den “biraz daha” kısa olduğu görülür. Aslında 9,55 cm çizgisi yoktur, gözümüzle onu (hayali olarak) cetvel üzerinde tahmin etmiş durumdayız. Bu durumda şeridin boyunu 9,50 cm mi yoksa 9,55 cm mi almamız gerekir?



Şekil 1

Şekle dikkatlice bakarsak şeridin ucunun cetvelin 9,55 cm çizgisine 9,50 cm çizgisinden daha yakın olduğunu görürüz. Bu durumda şeridin boyunu 9,55 ± 0,05 cm olarak ölçeriz. O halde herhangi ölçekli bir aletle ölçüm yaparken genel kural: Hassasiyetin izin verdiği kadarıyla, cismin ölçüm noktası (örn. burada şeridin ucu) ölçüm çizgisinden hangisine en yakınsa ölçümün en “hassas rakamı (az anlamlı rakamı)”, ilgili ölçüm çizgisinin gösterdiği rakamdır.

DENEYİN YAPILIŞI

Metreyi laboratuvar masasının kenarına çakıştırın ve masanın boyunu en yakın milimetreye kadar ölçün. Ölçümü cm cinsinden hazırladığınız çizelgeye yazın. Boy bir metreden büyükse bir metre noktasını iğne ile işaretleyin. Şimdi masanın boyunu diğer uçundan başlayarak tekrar ölçün. Sonucu ikinci ölçüm olarak çizelgeye yazın. Eğer iki ölçme denemesi bir milimetreye kadar aynı sonucu vermiyorsa sonuç alıncaya kadar yeni ölçme yapın. Ortalama boyu bulun.

Daha sonra tahta bloğu çubuk metre ile ölçerek sonucu kaydediniz. Bu ölçümü verniyeli kumpas ve mikrometre ile tekrarlayın. Tahta blok için, bu ölçü aletleri ile yapılan ölçmelerin duyarlılığını karşılaştırın.

SORULAR

1) Masanın ucuna neden metrenin bölmeli kısmı çakıştırılıyor da bölmesiz kısmı çakıştırılmıyor?

2) İkinci ölçmeyi yaparken niçin masanın diğer uçundan başlamalısınız?

3) MKS, CGS ve İngiliz birim sisteminde uzunluk ölçü birimi nedir? Aralarındaki ilişki nasıldır?

4) Güvenilir sayıları toplarken veya çıkarırken kural nedir? Çarpar ve bölerken kural nedir?

5) Metre çubuğu kullanarak ağaç bloğun enini, boyunu, kalınlığını, hacmini kaç güvenilir sayıya kadar ölçebilirsiniz?

VERNİYELİ KUMPAS

DENEYİN AMACI (B)

l) Verniyeli kumpası kullanmayı öğrenmek.

2) Verniyeli kumpasla yapılan ölçmelerin duyarlılığını (hassaslığını) metreyle yapılan ölçmelerden elde edilen ölçümlerin duyarlılığı ile karşılaştırmak.

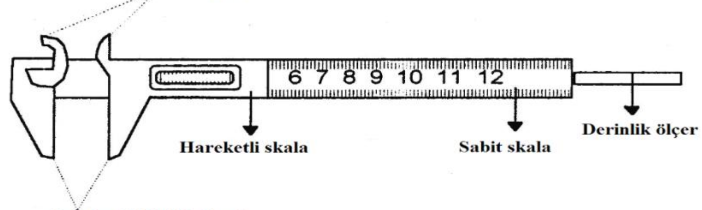
DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Verniyeli kumpas. Deney A da kullanılan tahta blok ve metal silindir.

TEORİK BİLGİ

Kumpas iç ve dış uzunlukları yüksek doğrulukla ölçebilen uzunluk ölçüm aletidir. Endüstride oldukça kullanım alanı bulan kumpaslar, kullanım amaçlarına göre değişik şekil ve tiplerde üretilmektedir. Hassasiyeti, yapılan işe göre değişir.

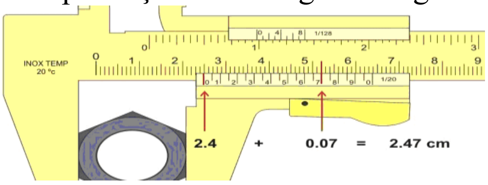
Kumpas, şekli kabaca boru anahtarını andıran ve iki çenesi arasında kalan kısmı ölçen sürgülü bir alettir. İki metrik skalası vardır (Şekil 2), bunlardan biri sabit skala diğeri de hareketli skaladır. Sabit cetvel üzerinde gezen hareketli parçaya verniyer adı verilir. Sabit metrik skala santimetre ve milimetrelere bölünmüştür. Hareketli skala üzerindeki dokuz milimetre de, onda bir milimetreler cinsinden gösterilmiştir.



Şekil 2

Sürgülü kumpaslar metrik ve inç sistemlerine göre yapılırlar. Bir mm'lik iki çizgi arasına rastlayan ölçüleri verniyer denilen bir bölüm ilave edilerek 1/10, 1/20, 1/50 mm hassasiyetinde ölçme imkanı sağlanmıştır. Verniyer, sürmeli kumpasın yardımcı bir ölçü cetvelidir ve esas ölçü bölümlerinden daha küçük değerlerin okunmasını sağlar. Örneğin 1/10 hassasiyetindeki kumpas verniyerinin oluşumu şöyledir: Esas ölçü cetvelindeki 9 mm'lik aralık verniyerde 10 eşit parçaya bölünmüştür. Burada verniyerin 10 bölümü olduğu ve toplam boydan 1 mm kısaldığı için her verniyer bölümü esas bölümlerden 1/10 mm kısalmış olur. Buna göre bir verniyer bölümü 1-1/10=0,9 mm eder. Verniyerin sıfır çizgisinden sonraki çizgisi ile cetvelin sıfırdan sonraki çizgisi arasında 1-0,9=0,1 mm'lik bir aralık kalır. Verniyerin 10. çizgisi, cetvelin 9. çizgisinin karşısına gelir. Buna göre verniyerin sıfır çizgisinden sonraki birinci çizgisi 0,1 mm, 2. çizgisi 0,2 mm, 0,3-0,4-0,5-0,6-0,7-0,8-0,9-1 mm diye ilerlemektedir.

Verniyeli kumpası kullanmak için, çenelerini ayırın ve çenelerin arasına ölçülecek cismi koyup çeneleri kapatın ve kumpas üzerindeki vidayı okuma yaparken kayma olmayacak kadar sıkıştırın. Verniyeli kumpasın Şekil 3 deki gibi olduğunu varsayalım.



Şekil 3

Şimdi ölçüm sonucunu belirleyelim. Kayan kısmın sıfırı çenelerin 2,4 cm değerinden büyük, 2,5 cm değerinden ise küçüktür. (Santimetreler (cm) ve santimetrenin onda birleri (mm) sabit skaladan okunur.) Santimetrenin yüzde birleri sabit kısımdaki çizgilerden bir tanesi ile tam olarak çakışan, kayan kısımdaki çizgi bulunarak okunur. Tam olarak çakışan tek bir çizgi vardır. Okla gösterildiği gibi, bu çizgi 7 çizgisidir. 0 çizgisi ile 7 çizgisi arasındaki aralık sayısı 14 dür. Hareketli skalanın sağ üst kısmındaki 1/20 kumpasın hassasiyetidir. 14x0.05mm = 0.7mm = 0.07cm dir. 2,4cm +0.07 cm = 2,47 cm dir.

Bir tarafı İngiliz skalası olan verniyeli kumpaslarda sabit kısmı inçleri ve inçin onaltıda birini, kayan kısmı ise inçin 128 de birini gösterir.

DENEYİN YAPILIŞI

1) Dikdörtgenler prizması şeklinde bir cismin boyutlarını yukarıda anlatıldığı gibi ölçün. Kumpası cismin farklı yerlerine koyarak ikişer ölçme yapın. Sonuçları çizelgeye yazın. Ortalama boy, en ve kalınlığı bulun. Cismin hacmini santimetre küp cinsinden hesaplayın. Ölçüm ve hesaplarınız da güvenilir sayılar kullanın.

2) Silindirin hacmi. Silindim hacmini bulmak için, çap ve yüksekliğim iki kez ölçün.

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4}$$

bağıntısından yararlanarak, güvenilir sayıları kullanarak, silindirin hacmini hesaplayın.

3) Aynı ölçmeleri metre çubuk ile yapın.

VERİLER

ÖLÇME	BLOK NO:				SİLİNDİR NO:		
	Boy (cm)	En (cm)	Kalınlık (cm)	Hacim (cm^3)	Yükseklik (cm)	Çap (cm)	Hacim (cm^3)
1							
2							
Ortalama							
Metre ölç.							

SORULAR

1) Verniyeli kumpasla yapılan uzunluk ölçmelerinin duyarlılığını, metreyle yapılan ölçmelerle karşılaştırın. Ne sonuç çıkarıyorsunuz?

2) Metreyi kullanarak dikdörtgen prizmasının hacmini ne kadar duyarlılıkla hesap edebilirsiniz? Aynı şey verniyeli kumpasla yapılırsa duyarlılık ne olur?

3) Ölçülen değerlerle hesap yapılırken güvenilir sayıları kullanmak neden önemlidir?

MİKROMETRE

DENEYİN AMACI (C)

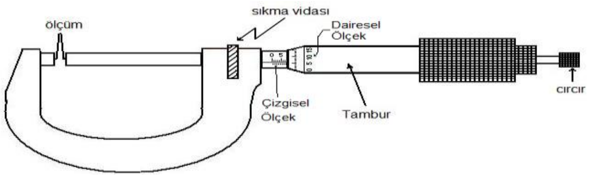
1) Mikrometrenin kullanmasının öğrenilmek.

2) Mikrometre ile yapılan ölçümlerin duyarlılığını verniyeli kumpas ile yapılan ölçümlerin duyarlılığı ile karşılaştırmak.

DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Mikrometre, numaralanmış dikdörtgenler prizması şeklindeki ağaç veya metal bloklar, kısa bir parça metal tel.

TEORİK BİLGİ



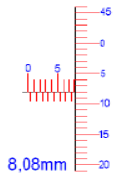
Şekil 4

Mikrometreler kumpaslara nazaran daha hassas ölçüm yapma kolaylığı sağlayan ölçü aletleridir. Genellikle daire kesitli parçaların çaplarını ve düz parçaların kalınlıklarını ölçme işleminde kullanılır. Mikrometreler genellikle 0,01 ve 0,001 hassasiyetlerinde metrik sisteme göre imal edilir. Mikrometrelerle elle tutularak ölçme yapılabildiği gibi, bunlar genel olarak da hem hassas olarak ölçebilmek, hem de seri ölçmelerde zamandan kazanmak için özel sehpalarına bağlanarak da kullanılabilir.

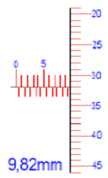
Mikrometreler bir kaç parçadan meydana gelir. U şeklindeki ana kısmın bir ucunda, ucu düz olan ve ölçülecek cismin oturacağı yüzün bir tanesini oluşturan vida vardır. Ölçülecek cismin ikinci yüzü ana kısmın ikinci ucundaki dönen ve döndüğünde ileri geri hareket eden silindirin (milin) ucudur. Bu silindirin diğer ucuna yakın kısmında, döndürülerek ölçülecek aralığı ayarlamakta kullanılan tırtıllı silindir vardır. Tırtıllı silindirin diğer uçunda eşit aralıklı bölme çizgileri vardır. Mikrometreler metrik sistemde veya İngiliz birim sisteminde olabilirler. Mikrometre metrik birimlerde ise dönen silindir üzerindeki vida dişi aralıkları 0,5 mm ve tırtıllı silindirin ucu, bir dönmedeki ilerlemenin 50 eşit parçada birini gösteren çizgilere sahiptir. Bu nedenle dönen silindir üzerindeki her bir bölme 0,5x(1/50)=0,01 mm'yi göstermektedir.

Şekil 5'de kovan üzerinde tam 8 mm. değeri vardır. Tambur üzerindeki 8. bölüntü çizgisi, kovanın yatay çizgisi ile üst üste gelmiştir. Buna göre elde edilen ölçüm değeri; 8 + 0,08 = 8,08 mm'dir.

Şekil 6'da ise, kovan üzerinde 9 mm ve bundan sonra 0,5 mm değerleri görülmektedir. Ayrıca tambur üzerindeki 32. bölme çizgisi kovanın yatay çizgisiyle çakışmıştır. Buna göre mikrometre 9 + 0,5+0,32 = 9,82 mm açılmıştır.



Şekil 5



Şekil 6

Mikrometre ile ölçme yapmadan önce, mikrometrenin çeneleri arasında bir şey yokken, çeneleri kapatarak “sıfır” ayarını kontrol etmelisiniz. Mikrometreyi çok sıkı kapatırsanız bozabilirsiniz, bunun için mili, her zaman en uçtaki küçük tırtıllı sapını kullanarak çeviriniz. Mikrometrenin gövdesi üzerindeki başvuru (referans) çizgisi, dairesel ölçek üzerindeki sıfır çizgisi ile çakışmıyorsa ayarlı değildir. Böyle bir durumda, tüm ölçümlerinizi şu şekilde düzeltmeniz gerekir. Mikrometre kapalıyken sıfır çizgisi, başvuru çizgisinin önünde kalıyorsa, sıfır çizgisinin başvuru çizgisini kaç bölme geçtiği saptanır ve bu bölme sayısı ölçüm sonuçlarına eklenir. Sıfır çizgisi başvuru çizgisinin arkasında kalıyorsa, bu bölme sayısı ölçüm sonuçlarından çıkartılır.

DENEYİN YAPILIŞI

1) Telin çapını ölçmeden önce mikrometrenin sıfır ayarını kontrol ediniz. Ayar bozuksa düzeltme miktarını yazınız. Teli mikrometrenin çeneleri arasına koyup mikrometreyi ölçme konumuna getiriniz. Telin çapını mm cinsinden yüzde bir hassaslıkla okuyunuz. Aynı işlemi farklı teller için tekrarlayınız.

2) Dikdörtgenler prizması şeklindeki blokların en, boy ve yüksekliklerini ölçünüz (milimetrenin yüzde biri hassaslıkla). Aşağıdaki gibi birer veri çizelgesi hazırlayınız.

Çizelge l

Çap (mm)	Çizelgeden çap (mm)	Hata (mm)	Hata (%)
Silindir 1			
Silindir 2			

Çizelge 2

Deneme	Boy (cm)	En (cm)	Yükseklik (cm)	Hacim (cm^3)
1				
2				
Ortalama				
Verniyeli Kumpas				
Mikrometre				

SORULAR

1) Bir mikrometre ile yapacağınız bir ölçümde yapılabilecek maksimum hata nedir?

2) Verilen bir silindir için mikrometre ile yaptığınız ölçümler yardımıyla silindirin çapında, yüksekliğinde ve bunlardan hareketle hacmini hesaplamada oluşan hata değerlerini bulunuz. Bulduğunuz bu değerleri kumpas ve metre ile yaptığınız ölçümler sonucu elde ettiğiniz hata aralıkları ile karşılaştırınız.

DENEY 1

DOĞRUSAL BİR YOL BOYUNCA VE EĞİK DÜZLEMDE HAREKET

DENEYİN AMACI

1) Düzgün doğrusal hareketin incelenmesi
2) Sabit ivmeli hareketin incelenmesi
3) Eğik düzlemden yararlanılarak yerçekimi ivmesinin belirlenmesi

DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Hava rayı, kızaklar, mıknatıs, fotogeytler ve dijital zaman ölçer, değişik kalınlıkta bloklar.

TEORİK BİLGİ

Cisimlerin hareketinin ve bununla ilişkili kuvvet ve enerji kavramlarının incelenmesi fizikte, mekanik fizik bilim dalı olarak adlandırılır. İki alt kategoriye sahiptir; kinematik, cisimlerin nasıl hareket ettiğini inceler, dinamik ise kuvvet ile cisimlerin hareketi arasındaki ilişki ile ilgilenir.

Hareket bir cismin sabit bir noktaya göre zamanla konumunu değiştirmesi olarak tanımlanır.

Konum (x): Başlangıç noktası belli olan eksen veya koordinat sistemine göre bir cismin bulunduğu yere denir. Başlangıç noktasından cismin bulunduğu noktaya doğru çizilen vektöre de konum vektörü adı verilir.

Yerdeğiştirme (Δx): Cismin başlangıç noktasına olan uzaklığı olarak tanımlanır, hem büyüklüğü hem de yönü olan vektörel bir niceliktir. Yerdeğiştirme vektörü, cismin son konum vektörü ile ilk konum vektörü arasındaki farka eşittir ve şu şekilde ifade edilir; $\Delta x = x_{son} - x_{ilk}$

Hız (v): Bir hareketlinin birim zamanda yaptığı yerdeğiştirme miktarı olarak tanımlanır ve v ile gösterilir, birimi CGS'de cm/s, MKS'de m/s dir. Parçacığın Δt süresindeki ortalama hızı bu aralıkta gerçekleşen Δx yer değişiminin Δt süresine bölünmesiyle elde edilir. Δt süresi giderek azalıp sıfıra yaklaştığı andaki hız ani hız olarak tanımlanır.

Ortalama hız, $v_{ort} = \Delta x/\Delta t$ iken ani hız, $v = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}$ şeklinde tanımlanır.

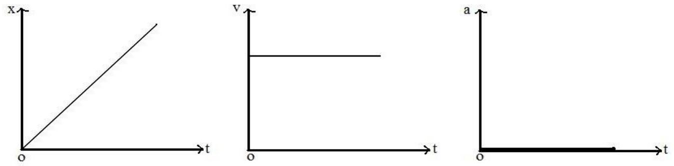
İvme (a): Bir cismin hızının nasıl değiştiğinin bir ölçüsüdür. t anında hız v iken bundan Δt süre sonra konumu $v+\Delta v$ olsun. Bu durumda Δt süresinde ortalama ivme,

$a_{ort} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, ani ivme ise $a = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta v}{\Delta t}$ şeklinde tanımlanır.

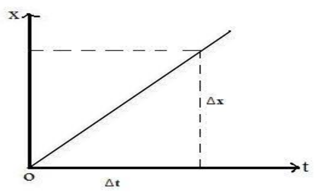
Doğrusal Bir Yol Boyunca Hareket

Düzgün Doğrusal Hareket (DDH)

Bir hareketlinin doğrusal bir yörüngede sabit hız ile yaptığı hareket DDH olarak tanımlanır. DDH yapan cisim eşit zaman aralıklarında eşit yollar alır. Hız sabit olduğundan ivme değeri de sıfırdır.



Şekil 1. Sabit hızlı doğrusal harekette yol-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafikleri



Hareketin konum zaman grafiğinde eğim değeri hızı verir.

$$eğim = \Delta v = \Delta x / \Delta t \qquad (1)$$

Hız zaman grafiklerinde ise grafik ile zaman ekseni arasında kalan alan yer değiştirmeyi verir.

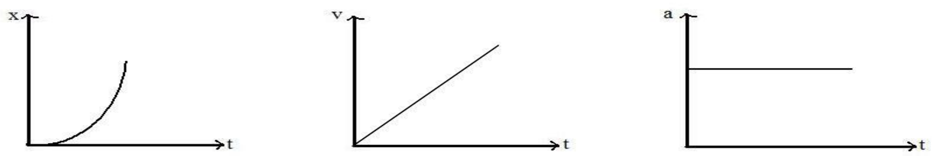
$$x = Vt \qquad (2)$$

Düzgün Değişen Doğrusal Hareket

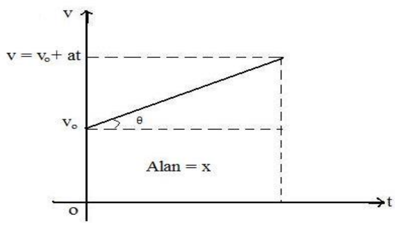
Bir hareketlinin doğrusal bir yol boyunca sabit ivme ile yaptığı hareket düzgün değişen doğrusal hareket olarak tanımlanır. Hız vektörü ivme vektörü ile aynı yönlü ise cisim düzgün hızlanır, zıt yönlüyse düzgün yavaşlar.

a) Düzgün Hızlanan Hareket

Bir cismin hız vektörü ile aynı yönlü sabit ivme yaptığı harekettir. Pozitif yönde ilk hızsız harekete ait grafikler Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. İlk hızsız düzgün hızlanan doğrusal harekette yol-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafikleri



Hız zaman grafiklerinde eğim ivmeyi;

$$eğim = \tan\theta = \frac{v - v_0}{t} = a\,;\; v = v_0 + at \qquad (3)$$

alan ise alınan yolu verir.

$$x = \frac{v + v_0}{2}t = \frac{v_0 + at + v_0}{2}t \qquad x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \qquad (4)$$

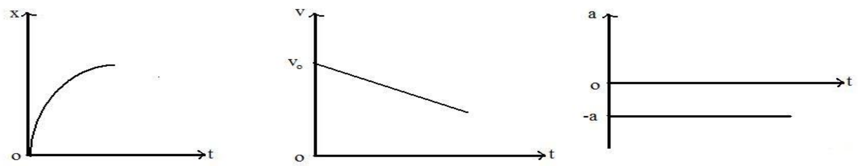
(3) numaralı hız denklemi ve (4) numaralı yol denklemi ifadeleri kullanılarak zamandan bağımsız hız denklemi şu şekilde elde edilir,

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2ax} \qquad (5)$$

(3), (4) ve (5) denklemleri düzgün hızlanan doğrusal hareket için kinematik denklemlerini oluştururlar.

b) Düzgün Yavaşlayan Hareket

Bir cismin hız vektörü ile zıt yönlü sabit ivme yaptığı harekettir. Pozitif yönde ilk hızsız harekete ait grafikler Şekil 3'te görülmektedir.

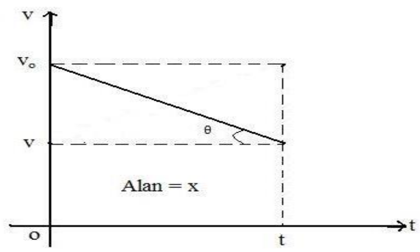


Şekil 3. İlk hızsız düzgün yavaşlayan doğrusal harekette yol-zaman, hız-zaman ve ivme-zaman grafikleri

İvme değeri sabit ve negatif olduğundan ivme,
$a = \frac{v_0 - v}{t} = sabit$ ve $v_0 - v = at$ şeklinde yazılabilir. Buradan da düzgün yavaşlayan hareketin hız denklemi,

$$v = v_0 - at \tag{6}$$

şeklinde ifade edilir.



Hız-zaman grafiklerinde eğim ivmeyi, alan alınan yolu verir.

$$x = \frac{v_0 + v}{2} t = \frac{v_0 + v_0 - at}{2} t$$

$$x = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2 \tag{7}$$

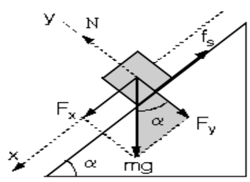
Bu denklem hareket için yol denklemidir.

Hız ve yol denklemleri kullanılarak hız için zamandan bağımsız ifade şu şekilde elde edilir.

$$v = \sqrt{v_0^2 - 2ax} \tag{8}$$

(6), (7) ve (8) denklemleri düzgün yavaşlayan doğrusal hareket için kinematik denklemlerini oluştururlar.

Eğik Düzlem



Şekil 4. Sürtünmeli eğik düzlemde hareket eden bir kütle üzerine etki eden kuvvet bileşenleri

m kütleli bir cisim, α eğim açısı ve μ sürtünme katsayısına sahip bir eğik düzlemde şekildeki gibi bulunduğunda, üzerine etki eden kuvvet bileşenleri Şekil 4'te görüldüğü gibidir. Sistemin eğik düzlem boyunca olan hareketini ağırlığın düzleme paralel olan F_x bileşeni sağlayacaktır, F_y düzleme dik olduğundan harekete katkı sağlamaz. Sistem üzerinde belirtilmiş olan serbest cisim diyagramını (kuvvet diyagramı) kullanarak yer çekimi ivmesini sistemin ivmesine bağlı olarak şu şekilde elde ederiz.

Cismin kütlesini eğik düzleme paralel ve dik bileşenlerine ayırırsak,

$$F_x = mg\sin\alpha \tag{9}$$

$$F_y = mg\cos\alpha \tag{10}$$

$$F_s = \mu N\cos\alpha \tag{11}$$

Cismin hareketine neden olacak net kuvveti şu şekilde yazarız;

$$F_{net} = F_x - F_s \tag{12}$$

Newton'un II. Hareket kanununa göre;

$$F_{net} = ma \tag{13}$$

şeklindedir. (9) ve (11) eşitliklerini (12) eşitliğinde yerine koyarsak;

$$ma = mg\sin\alpha - \mu N\cos\alpha \tag{14}$$

$$ma = mg(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) \tag{15}$$

$$a = g(\sin\alpha - \mu\cos\alpha) \tag{16}$$

eşitliği elde edilir. (16) numaralı eşitlik sürtünmeli eğik düzlemde sistemin ivmesi ile yerçekimi ivmesi arasındaki ilişkiyi verir. Aynı şekilde bu ilişkiyi sürtünmesiz eğik düzlem için de yazacak olursak, $F_s = 0$ olacağından,

$$F_{net} = F_x \tag{17}$$

$$ma = mg\sin\alpha \tag{18}$$

$$a = g\sin\alpha \tag{19}$$

eşitliğini elde ederiz.

DENEYİN YAPILIŞI

1. BÖLÜM: Düzgün Doğrusal Hareketin İncelenmesi

1) Kızağı hava rayının hava motorunun girişine bağlı olan ucuna yerleştiriniz.

2) Fotogeytler arası mesafeyi 20 cm olarak ayarlayınız.

3) Dijital zaman ölçeri açınız.

4) Hava motorunu çalıştırınız, kızağın sabit hızla hep aynı noktadan harekete başlamasına önem gösteriniz.

5) Çizelge 1'de verilmiş olan fotogeytler arası tüm mesafeler (x) için geçen süre (t) değerlerini okuyup çizelgeye kayıt ediniz.

6) Deneyin bu bölümü için amacımız düzgün doğrusal hareket yapan bir cismin hız değerini belirleyebilmektir. Bu nedenle öncelikle süre değerlerinizin aritmetik ortalama değerini bulup, süreyi okurken yapmış olabileceğiniz deneysel hatanızı minimize ediniz.

Elde edilen t_{ort} değerlerini kullanarak x - t_{ort} grafiğini çiziniz. Grafiğin eğim değerini kullanarak cismin hızını belirleyiniz.

Çizelge 1

x(cm) / t (s)	20	30	40	50	60	70	80
t_1							
t_2							
t_3							
t_{ort}							

2. BÖLÜM: Eğik Düzlemde Hareketin İncelenmesi

1) Masanızda bulunan bloklardan birisi ile hava rayına belirli bir eğim veriniz.

2) Kızağı, hava rayının hava motorunun girişine bağlı ve aynı zamanda yüksekte olan ucuna yerleştiriniz.

3) Fotogeytler arası mesafeyi 20 cm olarak ayarlayınız.

4) Dijital zaman ölçeri açınız.

5) Hava motorunu çalıştırınız, kızağın sabit hızla hep aynı noktadan harekete başlamasına önem gösteriniz.

6) Çizelge 2'de verilmiş olan fotogeytler arası tüm mesafeler (x) için geçen süre (t) değerlerini okuyup çizelgeye kayıt ediniz. Bu işlemi üç blok için yani farklı eğim açıları için tekrarlayınız.

7) Deneyin bu bölümündeki amacımız eğik düzlemde hareket eden bir cismin ivmesi ile yerçekimi ivmesi arasındaki ilişkiyi belirleyebilmektir. Bu nedenle öncelikle yine süre değerlerinizin aritmetik ortalama değerini bulup, süreyi okurken yapmış olabileceğiniz deneysel hatanızı minimize ediniz. Elde edilen t_{ort} değerlerini kullanarak x–t_{ort} ve x–t_{ort}^2 grafiğini çiziniz ve sistem için ivme ve yerçekimi ivmesi değerlerini belirleyiniz.

Çizelge 2

x(cm) / t(s)	20	40	60	80	100
t_1					
t_2					
t_3					
t_{ort}					

SORULAR

1) Hız ve sürat kavramlarını tanımlayarak karşılaştırınız.

2) Doğrusal bir yol boyunca hareket için x–t, v–t ve a–t grafiklerini çizerek kısaca yorumlayınız.

3) İvmesi pozitif olan bir hareketin hızı negatif değer alabilir mi?

4) Hızı artarken ivmesi azalan bir sistem tasarlanabilir mi? Tasarlanabilirse nasıl olabilir?

DENEY 2

BASİT VE FİZİKSEL SARKACIN İNCELENMESİ

DENEYİN AMACI

1) Basit sarkaç ve fiziksel sarkaç yardımıyla yerçekimi ivmesinin belirlenmesi.

2) Sarkaç periyodunun ölçülmesi.

DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Sarkaç, cetvel, kumpas, kronometre.

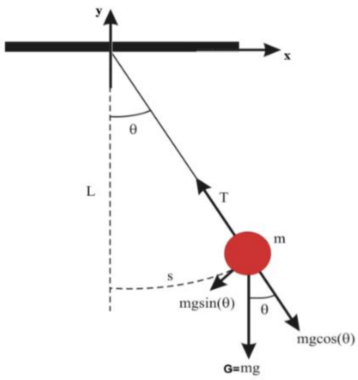
TEORİK BİLGİ

Yerçekimi İvmesi: Yeryüzünde 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 (g) yerçekimi ivmesi, bu ivmenin oluşturduğu (G) kuvvetine de cismin ağırlığı denir. Bu takdirde, m cismin kütlesi ise,

$$G = mg \tag{1}$$

dir. Başka bir deyimle G ağırlığı dünyanın cisme etki ettirdiği kuvvettir ve genellikle 'gravitasyon' veya yerçekimi kuvveti olarak anılır. Ancak etki-tepki prensibine göre, dünyanın cisme etki ettirdiği G kuvvetine karşılık cisim de dünyaya, bu kuvvete eşit fakat zıt yönde bir kuvvet etki ettirmektedir.

Basit Sarkaç



Şekil 1. Basit Sarkaç

Bir ucundan sabitlenmiş ℓ uzunluğundaki kütlesi ihmal edilebilecek kadar hafif iplikle taşınan m kütleli noktasal bir cismin oluşturduğu düzeneğe basit sarkaç denir (Şekil 1). Basit sarkaç denge konumundan küçük bir θ açısı kadar uzaklaştırılıp serbest bırakılırsa mg yerçekimi kuvvetiyle ipteki T gerilmesinin etkisi altında düşey bir düzlemde periyodik salınımlar yapar. (x, y) koordinat eksenleri olarak Şekil 1'de verilen eksenler seçildiğinde mg'nin x doğrultusundaki bileşeni mgsinθ, y doğrultusundaki bileşeni ise mgcosθ olur. Dolayısıyla ipteki T gerilmesi mgcosθ ile dengelenir. mgsinθ bileşeni ise, m kütlesini 0 denge durumuna getirmeye çalışan geri getirici kuvvet olup,

$$F = mg\sin\theta \tag{2}$$

şeklinde ifade edilebilir. θ açısının küçük (5°'den küçük) olması halinde, sinθ ≈ θ olup, θ = x/ℓ'dir. Bu durumda geri getirici kuvvet,

$$F = -mg\theta = -mg\frac{x}{l} \tag{3}$$

dir. O halde küçük x uzanımları için geri getirici kuvvet uzanımla orantılıdır (F α x). Dolayısıyla bu şart altında basit sarkacın hareketi basit harmonik hareket' tir. Buna göre k orantı katsayısı olmak üzere,

$$F = -kx \tag{4}$$

yazılabilir. (4) bağıntısındaki (-) işareti kuvvetin geri getirici olduğunu ifade eder. (3) ve (4) bağıntıları yardımıyla

$$-kx = -mg\frac{x}{l} \quad \text{veya} \quad k = \frac{mg}{l} \tag{5}$$

yazılabilir. $F = m(\frac{d^2x}{dt^2})$ ile verilen dinamiğin temel bağıntısı yardımıyla

$$-kx = m\left(\frac{d^2x}{dt^2}\right) \tag{6}$$

elde edilir. $w^2 = k/m$ olmak üzere (6) bağıntısı

$$\frac{d^2x}{dt^2} + w^2x = 0 \tag{7}$$

şekline dönüşür. Bu bağıntı ise basit harmonik hareketin diferansiyel denklemidir. (7) denkleminin çözümü, A bir sabit olan 'genlik' değeri, δ 'başlangıç fazı' olmak üzere, başlangıç şartlarına bağlı olarak çözüm;

$$x = A\sin(wt + \delta) \quad \text{ya da} \quad x = A\cos(wt + \delta) \tag{8}$$

şeklinde olur. Öte yandan $w = 2\pi/T$ olduğundan hareketin periyodu,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{mg/l}} = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \tag{9}$$

ile ifade edilir. Bu bağıntıdan küçük salınımlar için basit sarkaç periyodunun sarkaç cisminin kütlesine, salınımın genliğine bağlı olmadığı; sadece sarkaç uzunluğuna ve yerçekimi ivmesine bağlı olduğu anlaşılır. Ancak (9) bağıntısı θ açısının küçük olması halinde geçerlidir.

DENEYİN YAPILIŞI (I. BÖLÜM)

1) Asma noktasından sarkaç cismine kadar olan ipin L boyunu bir cetvelle ve bilyenin R çapını bir kumpas ile ölçerek L+R/2 uzunluğunu hesaplayınız.
2) İp düşeyle küçük bir açı ($\theta \sim 5^o$-10^o) yapacak şekilde kütleyi denge durumundan ayırınız. (Bu deneyde bütün ölçümler için yaklaşık aynı açıyı kullanınız).
3) Her biri için n=5 salınım için geçen süreyi t kronometre ile ölçünüz. Bunu beş defa tekrar ediniz. Periyodu $T = t_{ort}/n$ şeklinde hesaplayınız. Bu işlemler 5 adet farklı uzunluklara sahip olan asma noktalarından asılarak tekrarlanır.

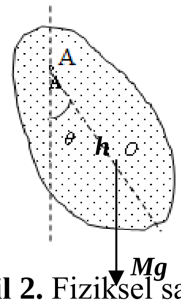
4) Ölçülen değerlerden T^2 – f(L) grafiğini çiziniz. Eşitlik (9)' a göre $g = 4\pi^2 L / T^2$ olduğundan L/T^2 oranı grafikten bulunarak serbest düşme (yerçekimi) ivmesini hesaplayınız.

Çizelge 1

L (cm)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_4 (s)	t_5 (s)	t_{ort} (s)	$T=t_{ort}/n$ (s)	T^2 (s^2)

Fiziksel Sarkaç

Kütle merkezinden geçmeyen sabit bir eksen etrafında salınım yapan noktasal olmayan bir cisim fiziksel sarkaç olarak adlandırılır.



Şekil 2. Fiziksel sarkaç

Şekil 1'de görülen kütlesi M olan cisim A noktasından geçen dik eksen etrafında serbestçe dönebilsin. O noktası cismin kütle merkezi ise, dönme momenti (τ)

$$\tau = I\alpha = -Mgh\sin\theta$$

$$= I\frac{d^2\theta}{dt^2} = -Mgh\sin\theta \qquad (10)$$

ifadesi ile verilebilir. Burada I eylemsizlik momenti, α açısal ivme dir.

Bunu, küçük açılar için (sinθ ≈ θ)

$$I\frac{d^2\theta}{dt^2} \cong -Mgh\theta \qquad (11)$$

şeklinde yazabiliriz. Bu eşitlik bir basit harmonik hareketi ifade eden eşitliğe benzer şekilde,

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -w^2\theta \qquad (12)$$

olarak yazılabilir. Burada, $w = 2\pi/T$ açısal hız, ve

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{Mgh}} \qquad (13)$$

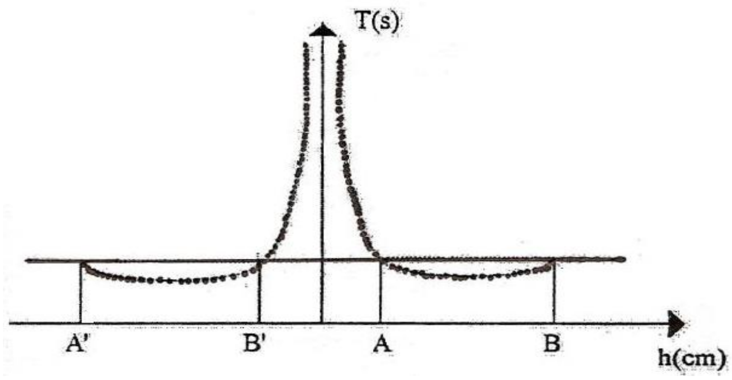
cismin salınımının periyodudur.

DENEYİN YAPILIŞI (2. BÖLÜM)

Fiziksel Sarkaç Yardımıyla g' nin Ölçümü

1) Fiziksel sarkaç, birbiri ile 5 cm uzaklıkta bulunan asma noktalarından sıra ile asılır ve her seferinde denge durumundan ($\theta \sim 5^o$-10^o) kadar ayırıp salınıma bırakılarak 3 tam titreşim süresi 2 kez ölçülür.

2) T-f(h) grafiği çizilir. AA' ve BB' nokta çiftleri arasındaki uzaklıkların ortalamasından L_e elde edilir ve eşitlik (9)' da yerine konularak g hesaplanır.



Çizelge 2

DELİK NO	*h (cm)*	*t_1 (s)*	*t_2 (s)*	*$T=t_{ort}/n$ (s)*	*T^2 (s^2)*

SORULAR

1) a)Serbest düşme nasıl bir harekettir?

b)Serbest düşme ivmesi yer üzerinde sabit midir? Niçin?

c)Serbest düşme ivmesi yükseklikle değişir mi? Neden?

2) Steiner teoremini açıklayınız.

3) Basit ve fiziksel sarkaç formülleri niçin küçük genlikli salınımlar için doğrudur?

4) Eylemsizlik momentini tanımlayınız, birimi nedir?

DENEY 3
SERBEST DÜŞME VE EĞİK ATIŞ

DENEYİN AMACI

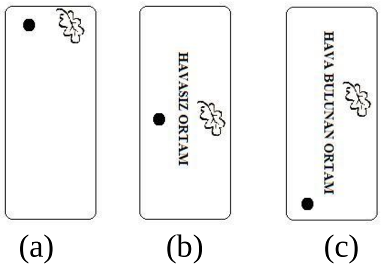
1) Cisimlerin, yerin merkezine doğru hareket etmesini sağlayan bir çekim kuvveti olduğunun açıklanması ve gözlenmesi
2) Yer çekimi kuvvetinin etkisi ile cisimlerin ivmeli hareket yaptıklarının incelenmesi
3) Düşen cisimlere, yerçekimi kuvveti dışında da kuvvetlerin etki ettiğinin kavranması
4) Yer çekimi ivmesinin hesaplanması
5) Topun ilk hızını belirlemek
6) Ölçülen menzille hesaplanan menzili karşılaştırmak
7) Bir düzlem üzerinde uygulanan eğik atışta açıyla menzil ve tepe noktası arasındaki bağlantıyı gözlemlemek.

DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Fotogeytler, dijital zamanlayıcı, cetvel, bilye.

TEORİK BİLGİ

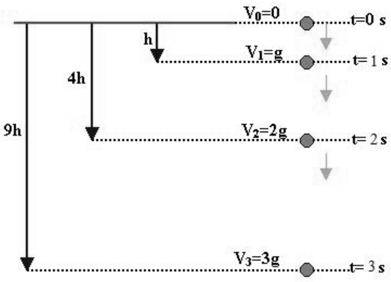
Serbest düşen bir cisim; başlangıçtaki hareketi ne olursa olsun sadece yerçekimi etkisi ile düşen cisimdir. Cismin; ister yukarıdan aşağıya atılsın ister aşağıdan yukarıya atılsın ya da ilk hızsız düşmeye bırakılsın, harekete başladığı andan itibaren sadece yerçekimi ivmesinin etkisi ile yer yüzeyine doğru yaptığı hareket, serbest düşme hareketi olarak tanımlanır. Cismin hareket yönü veya ilk durumu ne olursa olsun, daima yerçekimi ivmesi "g" sabit ve aşağı doğrudur. Çünkü bu ivmenin kaynağı olan kuvvetin yönü aşağı (yerin merkezine) doğrudur. Bu sebepten dolayı, g'nin işareti negatif mi yoksa pozitif mi olacağını düşünmeyiniz. Hava direnci olmasaydı; aynı yükseklikten ilk hızsız harekete bırakılan (veya ilk hızları aynı olan) bütün cisimler ağırlıkları ne olursa olsun, Şekil 1'deki gibi aynı sürede ve aynı ivme ile yere düşerlerdi. Bu durumda serbest düşen cismin hareketi; sabit ivmeli ve bir boyutlu harekete özdeş olur.



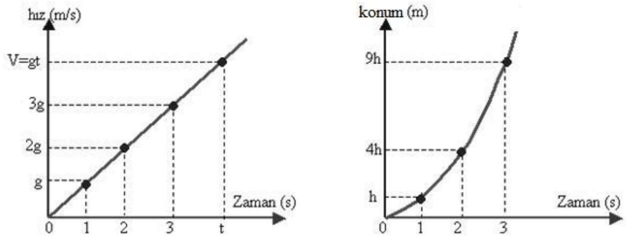
Şekil 1: İlk hızsız; (a) başlangıç durumu, (b) serbest düşme ve (c) serbest olmayan düşme

Durgun Halden Serbest Düşme Hareketi

Durgun halden harekete bırakılan bir cisim; yerçekimi ivmesinin etkisiyle Şekil 2'de görüldüğü gibi aşağı doğru hızlanarak düşer ve harekete ait hız-zaman ve konum-zaman grafikleri de Şekil 3'te görüldüğü gibi olur.



Şekil 2: İlk hızsız serbest düşme hareketi. Şekilde, “h” 1 saniyede alınan yolu gösterir



Şekil 3: İlk hızsız serbest düşmede, hız-zaman ve konum-zaman grafikleri

Cismin ilk hızı, $v_0 = 0$ olduğunda kinematik denklemleri;

$$v = gt \tag{1}$$

$$y = \frac{1}{2}gt^2 \tag{2}$$

$$v^2 = 2gy \tag{3}$$

şeklinde yazılır.

Aşağı Yönlü Düşey Atış Hareketi

Bu hareket türünde cisim; harekete düşey doğrultuda bir v_0 ilk hızı ile başlar ve yine aşağı doğru yer çekimi ivmesinin etkisi ile hızlanarak yere düşer. Cisme ait kinematik denklemleri ise şu şekilde yazılır;

$$v = v_0 + gt \tag{4}$$

$$y = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2 \tag{5}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2gy \tag{6}$$

Yukarı Yönlü Düşey Atış Hareketi

Yukarı yönde, v_0 ilk hızı ile fırlatılan cismin, maksimum yüksekliğe ulaştığında hızı sıfır olur ve bu andan itibaren cisim serbest düşme hareketi yapar. Cismin maksimum yükseklikte hızının sıfır olması, hareketin yönü ile üzerine etkiyen ivmenin zıt yönlü olmasından kaynaklanmaktadır. Cismin hava ile etkileşimi ihmal edildiğinde, cisim hangi hızla yukarı fırlatılırsa fırlatılsın, cisim atıldığı noktaya aynı sürat ile (hızı, ilk hızla ters yönlü) geri döner. Ayrıca cismin maksimum yüksekliğe çıkış süresi ile, iniş süresi birbirine eşittir ve cismin kütlesinden bağımsızdır. Cisme ait kinematik denklemleri ise şu şekilde yazılır;

$$v = v_0 - gt \tag{7}$$

$$y = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \tag{8}$$

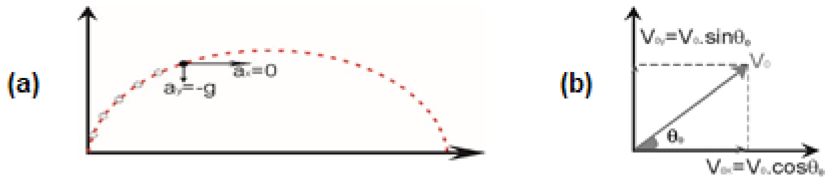
$$v^2 = v_0^2 - 2gy \qquad (9)$$

(7) veya (8) denklemlerinden birini kullanarak cismin maksimum yüksekliğe çıkış süresinin,

$$t = \frac{v_0}{g} \qquad (10)$$

olduğu bulunur.

Eğik atış hareketi; düşeyde aşağıdan yukarıya düşey atış, yatayda ise sabit hızlı hareketin iki boyutlu bir düzlem üzerinde bileşik parabolik hareketidir. Gündelik hayatımızda tenis topunun hareketi, basketbol topunun hareketi, havan topunun hareketi, eğik atış hareketine örnek verilebilir. Bu hareketlerde hava direncinin etkisini ihmal ettiğimizde hareket boyunca parçacığa etki eden tek kuvvet yer çekimi kuvveti olup (g=yer çekimi ivmesi), sabit ve aşağıya doğrudur. Bu durumda; $\mathbf{a_x}$(ivmenin yatay bileşeni)=0, $\mathbf{a_y}$(ivmenin dikey bileşeni)=-g dir.



Şekil 4: a) Cismin yatay ve dikey ivmesi, **b)** Cismin *t*=0 anında *x* ve *y* bileşenindeki hızı

Parçacığın *t*=0 anında bulunduğu konumu x_o =0 , y_o=0 , hızını v_o ve *x* düzlemi ile yaptığı açıyıda θ_0 olarak tanımlarsak yatay ve düşey ilk hız bileşenleri;

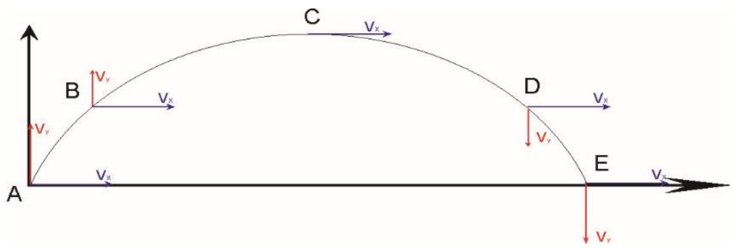
$$V_{0x} = V_0 \cos\theta_0 \text{ ve } V_{0y} = V_0 \sin\theta_0 \qquad (11)$$

olarak yazılır. $t \neq 0$ anındaki hızları belirlemek için ivmeler ($a_x=0,\ a_y=-g$) dikkate alınır ve

$$V_x = V_{ox} = V_0 \cos\theta_0 \Rightarrow sabit \text{ (yatay hız bileşeni)} \qquad (12)$$

$$V_y = V_{0y} - gt = V_0 \sin\theta_0 - gt \text{ (dikey hız bileşeni)} \qquad (13)$$

denklemleri elde edilir.



Şekil 5: Eğik atış hareketi yapan bir parçacığın yörüngenin bazı noktalarındaki hız bileşenleri

Şekil 5'de parçacığın bazı noktalardaki yatay ve dikey hızları gösterilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, parçacığın maximum yükseklikte düşey hızının 0(sıfır) olmasıdır.

A	B	C	D	E
$V_x = V_{0x}$	$V_x = V_{0x}$	$V_x = V_{0x}$	$V_x = V_{0x}$	$V_x = V_{0x}$
$V_y = V_{0y}$	$V_y < V_{0y}$	$V_y = 0$	$V_y < V_{0y}$	$V_y = V_{0y}$
$a_x = 0$	$a_x = 0$	$a_x = 0$	$a_x = 0$	$a_x = 0$
$a_y = -g$	$a_y = -g$	$a_y = -g$	$a_y = -g$	$a_y = -g$

Cismin yatay ve düşey konum bileşenlerini bulmak için yatay ve dikey hız bileşenleriyle zaman (t) çarpılır ve

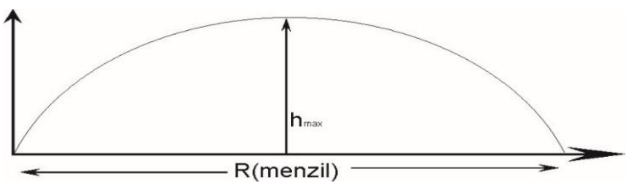
$$x = V_{0x}t = V_0 \cos\theta_0 t \tag{14}$$

$$y = V_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2 = V_0 \sin\theta_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \tag{15}$$

denklemleri elde edilir. Bu denklermleri kullanarak parçacığın parabolik bir hareket yaptığı kanıtlanabilir. 14. denklemden "t" yi çekerek ve 15. denklemde yerine koyarsak

$$y = tan\theta_0 x - \frac{gx^2}{2V_0^2 Cos^2\theta} \tag{16}$$

denklemini elde ederiz. Görüldüğü gibi bu bir parabol denklemidir. Eğik atışta incelenmesi gereken bir konu da, parçacığın maksimum yüksekliği ve menzilidir.



Şekil 6: Maksimum yükseklik (h_{mak}) ve Menzil (R)

h_{mak}: Parçacığın dikey hızının sıfır olduğu andaki yüksekliğidir. Bu esnada parçacığın koordinatları (R/2, h_{mak}) dır. h_{mak}'ı bulmak için öncellikle t_h (cismin maximum yüksekliğe ulaşması için geçen zamanı) belirlemek gerekir. Tepe noktasında $V_y = 0$ olacağını düşünerek $V_y = V_{0y} - gt_h$ ve $V_{0y} = V_0 sin\theta_0$ denklemlerinden

$$t_h = \frac{V_0 \sin\theta_0}{g} \tag{17}$$

denklemi elde edilir.Bundan sonra maximum yükseklik 5. denklemde "t" yerine "t_h", "y" yerinede "h_{mak}" konularak bulunabilir.

$$h_{mak} = \frac{V_0^2 \sin^2\theta}{2g} \tag{18}$$

R(menzil): Parçacığın "x" ekseninde aldığı toplam yoldur. Bu esnada koordinatları (R , 0) dır. x = (Vocosθo)t + 1/2axt2 denkleminde ax =0 , x=R , t=2(th) olarak alınırsa menzil için;

$$R = 2V_0 \cos\theta_0 t_h \quad (19)$$

elde edilir.

DENEYİN YAPILIŞI (SERBEST DÜŞME)

1. BÖLÜM

1) Fotogeytler arası mesafeyi y = 10 cm olarak ayarlayınız.

2) Bilyeyi üstteki fotogeyt hizasından, ilk hızsız serbest düşmeye bırakınız ve düşme süresini okuyup Tablo 1'e yazınız. Bu işlemi 5 kez tekrarlayıp, ortalama düşme değerini hesaplayıp tabloda, t_{ort}'un karşısına yazınız.

3) Aynı işlemi Tablo 1'deki bütün y değerleri için tekrar ediniz.

4) y-t ve y-t^2grafiklerini çizerek yer çekimi ivmesinin deneysel değerini bulunuz.

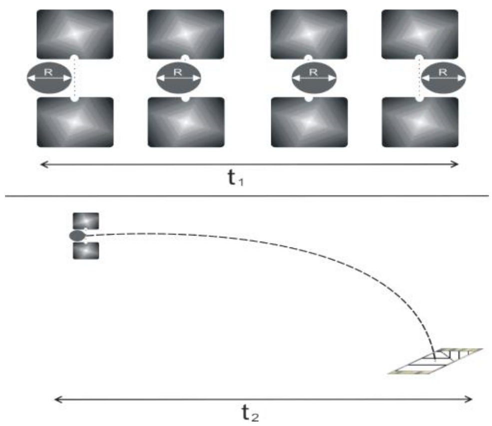
Tablo1

y(cm) / t(s)	10	15	20	25	30	35	40
t_1							
t_2							
t_3							
t_4							
t_5							
t_{ort}							

DENEYİN YAPILIŞI (EĞİK ATIŞ)

ARAÇLAR

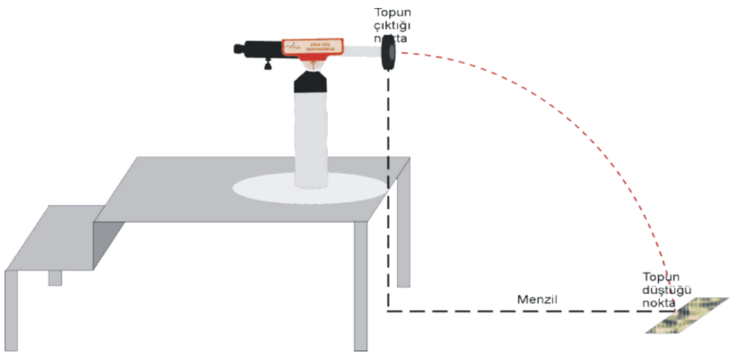
Atış mekanizması, Çelik top, Masa, Karbon kağıt, Metre, Beyaz kağıt, Basınç algılayıcı düzlem sensör, Sensör, Zamanlayıcı



Şekil 7

Deney seti içerisinde iki adet sensör ve bir adet zamanlayıcı vardır. Mekanizmanın ucunda bulunan sensör karşıdan gelen sinyali almadığı zaman süreci başlatır ve sinyali almaya başladığı an süreci durdurur ve bu zamanı zamanlayıcı üzerinde bulunan LCD göstergede t_1 şeklinde verir. Yani top mekanizmanın ucundan çıktığı anda o sensörü kapatır ve sensör topun kendi çapı kadar mesafe yol alıncaya kadar kapalı kalır. İkinci sensör ilk sensör kapandıktan sonra süre almaya başlar ve basınç algılayıcı düzlem sensöre bir temas uygulanıncaya kadar süre almaya devam eder. Bu süre zamanlayıcıda t_2 olarak belirir.

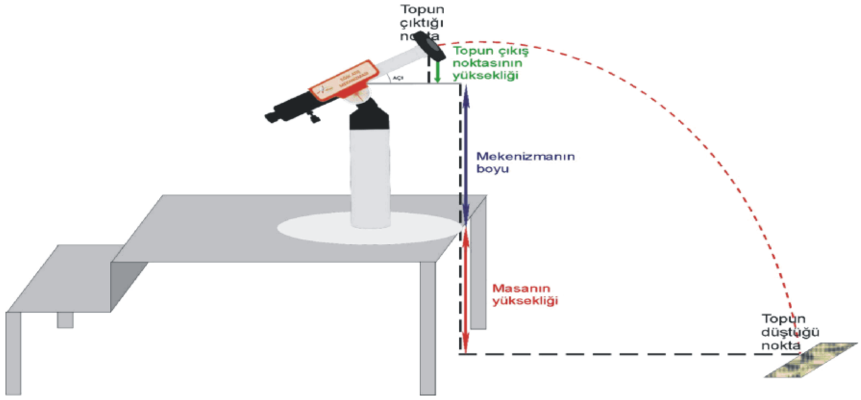
Deney A



Şekil 8

1. Atış mekanizmasını Şekil 8 deki gibi masaya yerleştirin (mekanizmanın yatayla yaptığı açının "sıfır" olduğuna emin olun). Hızı ilk kademeye (yavaş) getirip bir atış yapın. Topun düştüğü yere göz kararı basınç algılayıcı düzlem sensörü üzerinede bir beyaz kağıt ve onun üzerinede bir karbon kağıt yerleştirin. Açı sıfır olduğundan yatay düzlemde topun çıktığı nokta masanın kenarıyla aynı noktadadır.
2. Topu mekanizmaya yerleştirin ve basınç algılayıcı düzlem sensör üzerinde bulunan "reset", zamanlayıcı üzerinde ise "deneyi başlat" butonuna basın.
3. 5 kere atış yapın (Her atışdan sonra, bir sonraki atışdan önce, topu mekanizmaya yerleştirmeden basınç algılayıcı düzlem sensör üzerinde "reset" e zamanlayıcı üzerinde ise "deneyi başlat" butonuna basmayı unutmayın). Her atış sonrası t_1 zamanını Tablo A.1 e not alın ve sonrasında ortalamasını alın.
4. Topun karbon kağıt üzerinde çarptığı yerler beyaz kağıt üzerinde iz bırakacağından her 5 izin masayla arasındaki mesafeyi metreyle ölçüp tabloyu doldurun. Ardından ortalamasını alıp "yatay uzaklığı"(menzil) hesaplayın.
5. Mekanizmanın ucu ile yer arasındaki mesafeyi ölçüp "dikey uzaklığı" belirleyin. Bu "Masanın boyu + Mekanizmanın boyuna" eşittir.
6. Yatay ve dikey uzaklığı kullanarak topun havada kaldığı zamanı belirleyin ve zamanlayıcı üzerindeki t_2 ile kıyaslayın.
7. Bu zamanı ve dikey uzaklığı kullanarak birinci hız kademesindeki topun ilk hızını hesaplayın .
8. Topun ilk hızını sensör yardımı ile ölçebilmek için 'topun çapını (R = 1,6 mm)' ' t_1 ' e bölün.(Topun ilk hızı yatay hızına eşit olacağından ve top çapı kadar yolu t_1 kadar bir zaman alacağı için topun ilk hızını R \ t_1 şeklinde buluruz.)
9. Hesapladığımız topun ilk hızını sensör yardımı ile ölçtüğümüz hız ile karşılaştırın ve hata yüzdesini bulun.
10. Aynı işlemleri hızı ikinci kademeye(hızlı) getirip tekrarlayın.

<u>Deney B:</u>



Şekil 9

(a)

1. Atış mekanizmasını ilk deneydeki gibi yerleştirip açıyı 20^0-40^0 arasında bir açıya getirin.(Şekil 9)
2. Dikey uzaklığı hesaplayın.

$$MasaBoyu + MekanizmanınBoyu + (MekanizmanınUcununBoyu)\sin\theta = DikeyUzaklık$$

3. Bir önceki deneyde sensör yardımı ile bulduğunuz “topun ilk hızı”, “açı” , ve “dikey uzaklığı” kullanarak topun “havada kalma süresini” hesaplayın ve Tablo B.1 e not alın.
4. İlk kademede bir atış yapın ve topun geldiği yere basınç algılayıcı düzlem sensörünü, beyaz kağıt onun üstüne de karbon kağıdını yerleştirin.
5. 5 kere atış yapın. Her atışda t_2 (topun havada kalma süresi) değerini Tablo B.1 e not alın. Ardından 5 inin ortalamasını alın.
6. Hesapladığınız topun havada kalma süresi ile bir önceki adımda ölçtüğümüz topun havada kalma süresini karşılaştırın ve hesapladığınız topun havada kalma süresinin hata yüzdesini bulun.

(b)

1. Sensörler yardımı ile bulduğunuz topun havada kalma süresi , dikey uzaklık , açı ve 1. deneyde belirlediğiniz topun ilk hızı ile topun düşmesi gereken yatay uzaklığı (menzil) hesaplayın.
2. Bu deneyin ‘a’ bölümündeki atışlar sonucunda oluşan her 5 izle mekanizma arasındaki mesafeyi ölçün. Açı sıfır olmadığından atışın menzilini bulmak için arka sayfadaki tabloyu kullanarak mekanizmanın ucunun o açıda masanın kenarı ile arasındaki uzaklığını tespit edip, izle masanın kenarı arasındaki uzaklıkla toplayın (Şekil 9). Tablo B.2 yi doldurun ve ardından ortalamasını alıp topun yatay uzaklığını (menzil) belirleyin.
3. Deneydeki hata yüzdesini bulmak için hesap edilen yatay uzaklıktan ölçülen yatay uzaklığı çıkarıp hesap edilen değere bölün ve yüzle çarpın.

Deney C:

1. Atış mekanizmasını şekildeki gibi basamağa yerleştirin. Mekanizmanın hızını 2. kademeye getirin ve ucunun üzerinde deneyi yapacağımız yatay düzlemin tam başında olduğundan emin olun. Açıyı 20 dereceye getirip bir atış yapın. Topun düştüğü yere bir adet beyaz kağıt üstüne de karbon kağıt yerleştirin.

Şekil 10

2. 5 kere atış yapın.
3. Her 5 izin mekanizmayla arasındaki uzaklığı ölçüp Tablo C.1'i doldurun. Ardından ortalamasını alıp yatay uzaklığı belirleyin.
4. 1. deneyde sensörler yardımı ile bulduğumuz "topun ilk hızı" ve "açı"yı kullanarak önce topun havada kalma süresini sonra da tepe noktasını (maksimum yükseklik) belirleyip 2. tabloyu doldurun. Mekanizmanın ucu ancak açı '0' derece olduğu zaman yatay düzlemle aynı yükseklikte olduğundan, belli bir açıda topun çıkış noktasının yatay düzlemden '$(Mekanizma\,Ucunun\,Boyu)\sin\theta$' kadar yüksekte olduğunu dikkate alın.
5. Aynı işlemleri atış mekanizmasını 30 ve 40 derecelere getirip tekrarlayın.
6. İşlemler bittikten sonra "açı - menzil" ve "açı – tepe noktası" grafiklerini çizin.
7. Menzilin ve tepe noktasının en büyük olduğu açıları tespit edin.

Deney A:

Tablo A. 1

	t_1	Menzil
1		
2		
3		
4		
5		
Ortalama		

-İlk Kademe(Yavaş)-

Yatay Uzaklık(menzil) :

Dikey Uzaklık :

Topun havada kalma süresi :

Topun ilk Hızı (Hesaplanan):

Topun ilk hızı (R \ t_1) :

Hata yüzdesi :

Tablo A. 2

	t_1	Menzil
1		
2		
3		
4		
5		
Ortalama		

-İkinci Kademe (Hızlı)-

Yatay Uzaklık(menzil) :

Dikey Uzaklık :

Topun havada kalma zamanı :

Topun ilk Hızı (Hesaplanan):

Topun ilk hızı (R \ t_1) :

Hata yüzdesi :

<u>Deney B:</u>

(a) Tablo B. 1

	Menzil
1	
2	
3	
4	
5	
Ortalama	

Topun ilk Hızı :

Açı :

Dikey Uzaklık :

Topun havada kalma süresi (Hesaplanan) :

Topun havada kalma süresi (Ölçülen – t_2) :

Hata Yüzdesi :

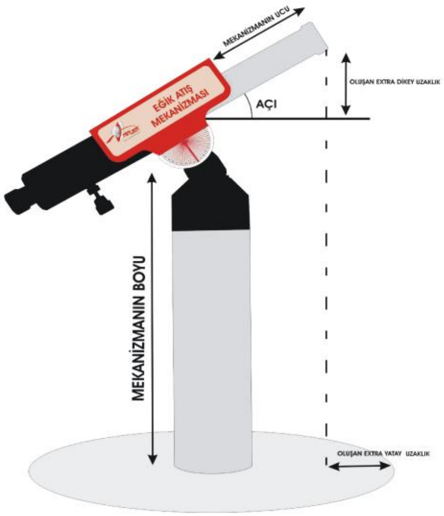
(b) Tablo B. 2

	Menzil
1	
2	
3	
4	
5	
Ortalama	

Hesaplanan Yatay Uzaklık :

Ölçülen Yatay Uzaklık :

Hata yüzdesi :



Mekanizmanın Boyu : **0.37m**

Mekanizma Ucunun Boyu : **0.14m**

Tablo B. 3

Açı	O.E.Y. Uzaklık (m)
0	0
20	0,03
30	0,04
40	0,05
50	0,06
60	0,07

Tablo B. 4

Açı	O.E.Y. Uzaklık (m)
0	0
20	0,04
30	0,07
40	0,08
45	0,09

<u>Deney C:</u>

Tablo C. 1

	20 derece	30 derece	40 derece
1			
2			
3			
4			
5			

Ortalama (Menzil)			

Tablo C. 2

	20 derece	30 derece	40 derece
Tepe noktası			

Açı (Mak.Menzil) :

Açı (Mak.Tepe noktası) :

SORULAR

1) Sürtünmeli ve sürtünmesiz ortamlarda serbest düşmeyi kısaca açıklayınız.

2) g_{ay}=(1/6) $g_{dünya}$ olduğuna göre;

a) Ayda 100 m yüksekten serbest bırakılan cisim kaç saniyede yere düşer?

b) Aynı cisim aşağı yönlü 10 m/s hızla atılırsa kaç saniyede düşer?

3) 80 m derinliğinde bir kuyuya serbest olarak bir taş bırakılırsa, taşın suya çarpma sesi kaç saniye sonra duyulur (ses hızı $\cong$ 340 m/s)?

4) Sürtünmeli ve sürtünmesiz ortamlarda serbest düşme yapan cisimler için **a)** x – t, **b)** v-t, **c)** a-t grafiklerini çizip yorumlayınız.

5) Denklem 10'u ispatlayınız.

DENEY 4

İVMELİ SİSTEMLERİN HAREKETİ

DENEYİN AMACI

Sürtünmeli ve sürtünmesiz ortamlarda sabit bir kuvvet etkisinde ivmeli sistemlerin hareketini incelemek.

TEORİK BİLGİ

Cisimlerin hareketini inceleyen mekanik, fiziğin en eski dallarından birisidir. Mekaniğin cismin hareketini, harekete neden olan kuvveti dikkate almadan inceleyen dalı kinematik, kuvveti dikkate alarak inceleyen dalı ise dinamik olarak adlandırılır. İvmeli sistemlerin hareketi, dinamiğin temel prensipleri kullanılarak çözümlenebilir.

İvme, birim zamandaki hız değişimi olarak tanımlanan vektörel bir niceliktir. Cismin hızı zamanla değişiyorsa hareket, ivmeli hareket olarak isimlendirilir.

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} \tag{1}$$

Kuvvet, cisimlerin şekillerinde ve hareket durumlarında değişimlere sebep olan vektörel bir nicelik olarak tanımlanabilir.

Newton'un hareket yasaları, bir cisim üzerine etki eden kuvvetler ve cismin hareketi arasındaki ilişkiyi ortaya koyan yasalardır. İlk kez Sir Isaac Newton tarafından 1687 tarihinde yapılan bir çalışmada sunulmuştur ve bu yasalar klasik mekaniğin temelini oluşturmuştur.

Newton'un Birinci Hareket Yasası: Eylemsizlik İlkesi

Newton'un birinci yasası olan eylemsizlik ilkesine göre; bir cisme etki eden net (toplam veya bileşke) kuvvet sıfırsa, cisim duruyorsa durmaya, hareket halindeyse sabit hızla hareketine devam eder.

$$\sum \vec{F} = 0 \qquad \vec{a} = 0 \tag{2}$$

Newton'un İkinci Hareket Yasası: Dinamiğin Temel İlkesi

Dinamiğin temel ilkesine göre; bir cisme sabit bir kuvvet etki ettiğinde cisim ivmeli hareket yapar.

$$\vec{F} = m\vec{a} \tag{3}$$

Eşitlik (3) yardımıyla ivmenin kuvvetle doğru orantılı olduğu ve aynı yönde olduğu söylenebilir. Ayrıca kütleyi cismin eylemsizliğinin bir ölçüsü olarak tanımlamak yerinde olacaktır. Eğer sistemde birden fazla kütle varsa,

$$\vec{F}_{net} = \sum m\vec{a} \tag{4}$$

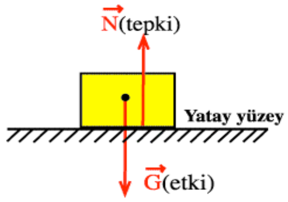
eşitliği dikkate alınmalıdır. Kütle birimi kg, ivme ise m/s^2 alınırsa kuvvetin birimi Newton olacaktır. Öyle ise SI birim sisteminde 1kg'lık kütleye 1 m/s^{2}' lik ivme kazandıran kuvvet

1 N olarak tanımlanabilir. CGS birim sisteminde; kütle için g, ivme için cm/s^2 alındığında kuvvet birimi dyn olacaktır.

$$1\,N \equiv 1\,kg\,\frac{m}{s^2}\,; \qquad 1\,dyn \equiv 1\,g\,\frac{cm}{s^2} \tag{5}$$

Newton' un Üçüncü Hareket Yasası: Etki - Tepki İlkesi

Etki- tepki ilkesine göre; bir cisim, ikinci bir cisim üzerine uyguladığı kuvvet (etki) değerinde fakat zıt yönde bir tepki görür.



Şekil 1. Newton' un III. Hareket Yasası

Şekilde görüldüğü gibi etki kuvveti ile tepki kuvveti aynı doğrultulu fakat zıt yönlü ve eşit büyüklükte iki vektördür.

$$\vec{N} = -\vec{G} \tag{6}$$

Sürtünme Kuvveti

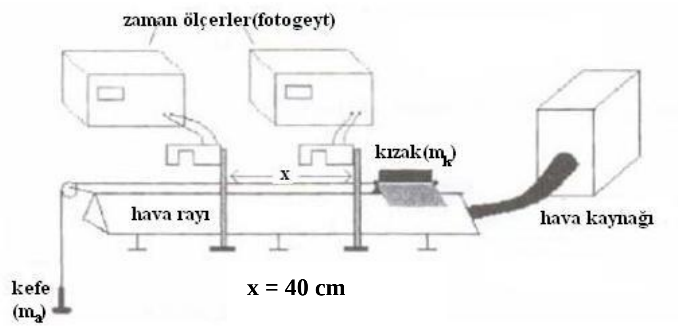
Sürtünme kuvveti cisim ile cismin temas ettiği yüzey arasında olan ve cismin hareket yönüne zıt yönlü bir kuvvettir. Sürtünme kuvveti, kinetik sürtünme kuvveti ve statik sürtünme kuvveti olarak ikiye ayrılır. Kinetik sürtünme kuvveti, bir cismi sabit hızla harekette tutan kuvvete eşit büyüklükte, aynı doğrultulu ve zıt yönlü bir kuvvettir. Statik sürtünme kuvveti, duran bir cismi harekete geçirebilecek kuvvete eşit büyüklükte, aynı doğrultulu ve zıt yönlü bir kuvvettir.

Sürtünme kuvveti, sürtünen yüzeylerin alanına bağlı değildir ancak yüzeylerin cinsine bağlıdır. Sürtünme kuvvetinin büyüklüğü, sürtünen yüzeylere dik olan tepki kuvveti ile doğru orantılıdır ve daima hareket yönü ile zıt yönlüdür. Genel bir ifadeyle;

$$F = \mu N \tag{7}$$

yazılabilir. Burada, μ yüzeyin cinsine bağlı birimsiz bir katsayıdır ve sürtünme katsayısı olarak bilinir. Sürtünme katsayısı; μ_s statik sürtünme katsayısı ve μ_k kinetik sürtünme katsayısı olarak iki biçimde incelendiğinde yüzey ve cisim değişmeksizin hareket halindeyken μ_k, tam harekete geçme anında μ_s kullanılır.

DENEYİN YAPILIŞI



Şekil 2. Deney Düzeneği

1. BÖLÜM

1. ve 2. bölümlerde hava kaynağı açıldığında hava rayına püskürtülen hava sayesinde temsili bir sürtünmesiz ortam yaratılarak sürtünmesiz ortamda ivmeli sistemlerin hareketi incelenecektir.

1) Bu bölümde kızağın kütlesi m_k değiştirilmeyecektir. m_a kütlesini beş farklı kütle değerine ayarlayınız ve her kütle değeri için x mesafesini geçme süresi olan t'yi 5'er kez ölçünüz. Daha sonra her bir kütle değeri için t_{ort}'yı hesaplayınız. Sistemin deneysel ivmesini,

$$x = \frac{1}{2} a_{den} t_{ort}^2 \Rightarrow a_{den} = \frac{2x}{t_{ort}^2} \tag{8}$$

teorik ivmesini ise,

$$a_{teo} = \frac{m_a g}{m_a + m_k} \tag{9}$$

formüllerini kullanarak hesaplayınız (g yerçekimi ivmesidir). Deneysel ve teorik ivmeler arasındaki % farkı bulunuz ve Çizelge 1' e işleyiniz.

Çizelge 1

ÖLÇÜM NO	m_a	t_{ort}	a_{den}	a_{teo}	% fark
1					
2					
3					
4					
5					

2. BÖLÜM

1) Bu bölümde m_a kütlesi dolayısıyla sisteme uygulanan net kuvvet sabit tutulacaktır. m_k kütlesini 20'şer g'lık artışlarla beş farklı kütle değerine ayarlayınız ve her bir kütle değeri için x mesafesini geçiş süresi t'yi 5'er kez okuyunuz. Daha sonra her bir kütle değeri için t_{ort}'yı hesaplayınız. (8) ve (9) bağıntılarından ivme değerlerini hesaplayarak % fark hesaplayınız ve Çizelge 2'ye işleyiniz.

Çizelge 2

ÖLÇÜM NO	m_k	t_{ort}	a_{den}	a_{teo}	% fark
1					
2					
3					
4					
5					

3. BÖLÜM

1) Bu bölüm hava kaynağı çalıştırılmayacak ve hava rayı üzerine karton bir malzeme konularak sürtünmeli bir ortam oluşturulacaktır. m_k kütlesi sabit bırakarak m_a kütlesinin

değerini 70 g'dan itibaren azar azar artırınız. Sistemi ilk harekete geçiren m_a kütle değerini kaydediniz. μ_s statik sürtünme katsayısı değerini,

$$\left|\vec{F}_{net}\right| = m_a\left|\vec{g}\right| = \mu_s m_k\left|\vec{g}\right| \Rightarrow \mu_s = \frac{m_a}{m_k} \tag{10}$$

formülünden bulunuz.

2) μ_k kinetik sürtünme katsayısı değerini bulmak için sistemi ilk harekete geçiren m_a kütle değerinin 30 g fazlasından başlayarak 3 farklı kütle değeri için (3'er kez) 1. Bölümde olduğu gibi t sürelerini okuyup t_{ort}'ları, teorik ve deneysel ivmeleri hesaplayıp % farkı bulunuz. Daha sonra her bir kütle değeri için,

$$\vec{F}_{net} = (m_a - \mu_k m_k)\vec{g} = (m_a + m_k)\vec{a}_{den} \tag{11}$$

formülünden μ_k değerini hesaplayıp ortalama alınız, Çizelge 3'e işleyiniz ve sonuçları yorumlayınız.

Çizelge 3

ÖLÇÜM NO	m_a	t_{ort}	a_{den}	μ_k	μ_k (ort)
1					
2					
3					

SORULAR

1. Doğada kaç tür kuvvet vardır? Deneyde incelenen kuvvetler hangi gruba girer?
2. Sürtünme kuvvetinin yararlı ve zararlı yönlerini örneklerle açıklayınız.
3. Sürtünmeli ve sürtünmesiz ortamlarda değişken kuvvet etkisindeki herhangi bir kütle için F-a grafiklerini çizerek açıklayınız.
4. Sürtünme katsayısı μ'nün değeri 1'den büyük veya negatif olabilir mi?
5. Sürtünme katsayısı nelere bağlı olduğunu araştırınız.

DENEY 5

MERKEZCİL KUVVET

DENEYİN AMACI

Dairesel bir yörüngede dolanan bir cismin kütlesinin, yörünge yarıçapının ve merkezcil kuvvetin değişim etkilerini incelemek.

TEORİK BİLGİ

Sabit hızla hareket eden cisim üzerine, hareket doğrultusuna dik sabit büyüklükte bir kuvvet etki ederse cisim bu kuvvetin etkisiyle R yarıçaplı bir çember üzerinde düzgün dönme hareketi yapar. Böyle bir harekete düzgün dairesel hareket denir.

Dairesel hareket yapan bir cismin tam bir dolanım yapması için geçen süreye periyot denir. Periyot T ile gösterilir ve birimi saniye (s) dır. Yine dairesel hareket yapan bir cismin birim zamanda yaptığı dolanım sayısına frekans denir. Frekans f ile gösterilir birimi s^{-1} veya Hertz (Hz)'dir. Periyot ile frekans arasındaki ilişki;

$$T = \frac{1}{f} \tag{1}$$

şeklindedir. Düzgün dairesel hareket yapan cisim, R yarıçaplı dairenin çevresini bir periyotluk sürede alır. Buna göre hız;

$$\mathrm{v} = \frac{2\pi R}{T} \tag{2}$$

veya

$$\mathrm{v} = 2\pi R f \tag{3}$$

olur. Burada v çizgisel hızdır. Bu hız vektörü her noktada dairesel yörüngeye teğettir.

Yarıçap vektörünün birim zamanda daire düzlemi içinde taradığı açıya açısal hız denir ve ω ile gösterilir. Cisim tam bir dönme yaptığında yarıçap vektörü tarafından taranan açı 2π radyan olduğundan 1 s'de taranan açı

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \tag{4}$$

olur ve birimi rad/s'dir. Dönen bir tekerleğin yarıçapı üzerindeki noktaların açısal hızları ile çizgisel hızları arasındaki ilişki;

$$\mathrm{v} = \omega R \tag{5}$$

şeklindedir.

Hızın büyüklüğünde ve/veya yönünde zamana bağlı olarak meydana gelen bir değişim cismin ivmeli hareket yapması demektir. Hızın sadece yönünde meydana gelen bir değişme varsa hareketin ivmesi dairenin merkezine doğru yöneliktir ve merkezcil ivme olarak adlandırılır ve büyüklük olarak,

$$a = \frac{\mathrm{v}^2}{R} \tag{6}$$

ifadesi ile verilir.

Dairesel hareket yapan bir cismin hızının büyüklüğü, sabit kalmasına rağmen yönü her zaman değişir. Hız vektörü her zaman yörüngeye teğettir. Bundan dolayı, cismi doğrusal yoldan saptıran net bir kuvvet vardır.

m kütleli bir topu, r uzunluğunda bir ipin ucuna bağlandığını ve yatay düzlemde dairesel yörüngede sabit hızla döndürüldüğünü varsayalım. Topun eylemsizliği, hareketin doğrusal bir yol boyunca kalmasını sağlama eğilimindedir. Ancak, ipin topa uyguladığı kuvvet, dairesel yörüngede kalmasını sağlar. Bu kuvvet ip boyunca ve merkeze yönelmiş durumdadır bu kuvvete merkezcil kuvvet denir.

Merkezcil kuvvette merkezcil ivmeye benzer olarak parçacığın çizdiği dairesel yörüngenin merkezine doğru etki eder.

Bir ipin ucuna bağlanarak döndürülen top durumunda merkezcil kuvvet, ipteki gerilme kuvvetidir. Dünya çevresinde dolanan bir uydu için merkezcil kuvvet kütle çekim kuvvetidir.

R uzunluğunda bir ipe bağlı m kütleli bir cisim yatay dairesel bir yörüngede döndürüldüğü zaman cismin üzerinde ortaya çıkan merkezcil kuvvet:

$$F_m = m\omega^2 R = \frac{m\mathrm{v}^2}{R} \tag{7}$$

ile gösterilir. Kütle askısına etki eden yer çekimi kuvveti;

$$F = m_a g \tag{8}$$

şeklindedir.

Bu kuvvet ip boyunca etkisini gösterecek, dönen arabayı plak üzerinde tutmaya yarayan bir kuvveti meydana getirir. Bu kuvvet (7) denkleminde gösterilen F_m kuvvetidir.

$$F_m = F \tag{9}$$

dir. Buradan açısal hız;

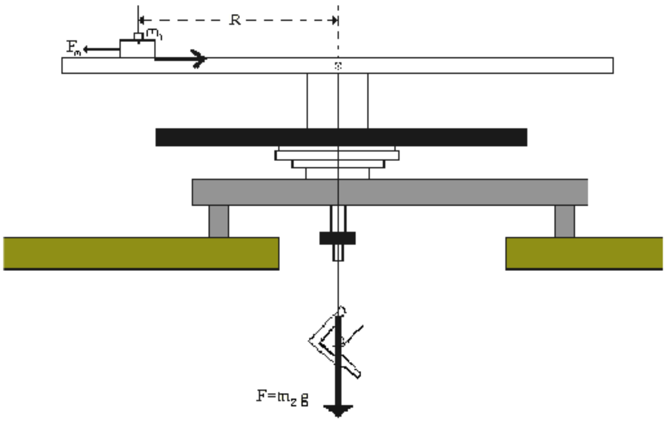
$$m\omega^2 R = m_a g \qquad \omega = \sqrt{\frac{m_a g}{mR}} \tag{10}$$

olur. Bu denklemi (5) bağıntısında yerine yazarsak o zaman, hız ifadesi;

$$\mathrm{v} = \sqrt{\frac{m_a g}{mR}} R \tag{11}$$

şeklini alır.

DENEYİN YAPILIŞI



Şekil 1. Deney Düzeneği

Şekil 1'de gösterilen deney düzeneğini kurun. Arabayı (m_1) izli yola yerleştirerek, bir ip yardımıyla kütle askısına bağlayın (m_2). Daha sonra arabaya ve kütle askısına kütleler ekleyerek bir motor yardımıyla diski döndürün. İzli yol üzerindeki arabanın diskin belli bir hızında ray üzerinde hareket etmediği görülecektir. Diskin dönme ekseninden arabanın kütle merkezine olan uzaklığı ölçün. Bu uzaklık R değerine eşittir. Arabanın kütlesini ve kütle askısının kütlesini hesaplamalara dahil ediniz.

Deney üç kısımda yapılmaktadır.

a) Merkezcil kuvvet ve kütle sabit iken yörünge yarıçapı değişimi deneyi,
b) Yörünge yarıçapı ve kütle sabit iken merkezcil kuvvet değişim deneyi,
c) Yörünge yarıçapı ve merkezcil kuvvet sabit iken kütlenin değişimi deneyi,

A) Merkezcil kuvvet ve kütle sabit iken yörünge yarıçapı değişimi

1) Bu bölümde m_1 (cismin kütlesi) ve m_2 (asılan cismin kütlesi) sabit tutulup yarıçap değiştirilir.
2) Düzenek dönerken denge haline getirildikten sonra, bir referans noktası alınıp 10 dolanım için geçen süre ölçülür. Ölçüm sonucunu 10'a bölerek periyot belirlenir
3) Bulduğunuz değerleri Çizelge 1'de yerlerine yazarak ω açısal hızını hesaplayınız. Bulduğunuz açısal hız değerinden yararlanarak arabanın çizgisel hızını bulunuz.
4) R-T^2 grafiği çizilip buradan tanα yardımıyla eğimi bulunuz.

   $$\text{Eğim} = \tan\alpha = \Delta R / \Delta T^2 \text{ formülünden bulunur.}$$

5) Bu değer (2) denkleminin (7) denkleminde yerine konularak bulunan $F = \dfrac{4\pi^2 m_1 R}{T^2}$ formülünde yerine yazılır. Bulunan sonuç deneysel merkezcil kuvvettir.
6) Teorik merkezcil kuvvet ise $F = m_2 g$ formülü ile hesaplanır (g=980 cm/s^2 ve π= 3,14).
7) Bu iki sonuç kullanarak yüzde hata hesabı yapılır.

$$\%\,\text{Hata} = \left|\frac{\text{Teorik} - \text{Deneysel}}{\text{Teorik}}\right| \times 100$$

Çizelge 1

m_1 (g)	m_2 (g)	R (cm)	T (s)	v (m/s)	ω (rad/s)

B) Yörünge yarıçapı ve kütle sabit iken merkezcil kuvvet değişim deneyi

1) Burada amaç merkezcil kuvvet değişimini hesaplamaktır.
2) Cismin kütlesini (m_1) 100 g alınız ve makara üzerindeki kütleyi de (m_2) sırasıyla 50, 70, 100 g olarak değiştiriniz.
3) Düzenek dönerken denge haline getirildikten sonra, bir referans noktası alınıp 10 dolanım için geçen süre ölçülür. Ölçüm sonucunu 10'a bölerek periyot bulunur.
4) Bulduğunuz değerleri Çizelge 2'de yerlerine yazarak ω açısal hızını hesaplayınız. Bulduğunuz açısal hız değerinden yararlanarak arabanın çizgisel hızını bulunuz.
5) Bu sayımlar 3 farklı kütle için yapılır ve bulunan sonuçlarla $mg \to 1/T^2$ grafiği çizilir.
6) Grafikten $\text{eğim} = \tan\alpha = m_2 g/(1/T^2)$ değeri hesaplanır.
7) $\text{Eğim} = \tan\alpha = m_2 g/(1/T^2) = m_2 g T^2 = F\,T^2$ olur. ($m_2 g = F$)

Bu eğimin değeri aşağıdaki formülün pay kısmı ile aynıdır ve deneysel değer olarak buraya yazılır.

$F = \dfrac{4\pi^2 m_1 R}{T^2}$ formülünden m_1 kütlesini çekersek $m_1 = \dfrac{FT^2}{4\pi^2 R}$ olur.

Teorik kütle, cismin kütlesi olan 100g' dır. Deneysel kütle ise 5. adımda anlatılan grafik yardımıyla belirlenir. İkisi arasında % hata belirlenip deney bitirilir.

Çizelgeye göre $ma = f(V_{teo}), ma = f(V_{den})$ grafiklerini çiziniz.

Çizelge 2

m_1 (g)	m_2 (g)	R (cm)	T (s)	v (m/s)	ω (rad/s)

C) Yörünge yarıçapı ve merkezcil kuvvet sabit iken kütlenin değişimi

1) Deneyin bu kısmında, yörüngede dolanan cismin kütle değişimi incelenecektir.
2) Cismin kütlesi (m_1) sırasıyla, 100, 150, 200 g olarak değiştirilir. m_2 kütlesi sabit 50 g da tutulur.
3) Bulduğunuz değerleri, Çizelge 3'de yerlerine yazarak ω açısal hızını hesaplayınız. Bulduğunuz açısal hız değerinden yararlanarak arabanın çizgisel hızını bulunuz.
4) Teorik merkezcil kuvvet ise $F = m_2 g$ olarak alınır.
5) Deneysel merkezcil kuvvet (MK) $F = \dfrac{4\pi^2 m_1 R}{T^2}$ formülünde sırasıyla m_1 yerine 100,

150, 200 g değerleri konularak hesaplanır.

6) % hata da 3 deneysel MK için, teorik MK ile karşılaştırılarak hatalar hesaplanır.

Çizelge 3

m_1 (g)	m_2 (g)	R (cm)	T (s)	v (m/s)	ω (rad/s)

SORULAR

1) 2×10^4 kg kütleli bir uçak, 200 m/s hızla 30 km yarıçapında bir dönüş yapmaktadır. Bu dönüş sırasında yolcuların hissettiği ivme nedir?
2) 65 kg kütleli bir adam 5,3 m yarıçaplı atlıkarıncanın dış tarafında ayakta durmaktadır. Atlıkarınca 6 tur/dk hızla dönmekte ise, adama etkiyen net kuvvetin yönünü ve büyüklüğünü bulunuz.
3) Frekans, açısal hız, çizgisel hız ve merkezcil kuvvet ifadelerini kısaca açıklayınız.
4) Bir cisim R yarıçaplı bir daire üzerinde hareket etmektedir. Cismin aldığı yolun zamana göre değişimi t saniye ve s metre cinsinden olmak üzere $s = t^3 + 2t^2$ denklemi ile verilmiştir. $T = 2\,\mathrm{s}$ anında cismin ivmesi 22,5 m/s^2 olduğuna göre dairenin R yarıçapını bulunuz.

DENEY 6

DURAĞAN DALGALAR

DENEYİN AMACI

1) Bir sicim üzerinde durağan dalgaları gözlemek,
2) Bir sicimdeki durağan dalganın dalga boyunun, sicimdeki gerilmenin karekökü ile orantılı olduğunu göstermek.

DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Sabit frekanslı titreştirici, naylon iplik, makara, ağırlıklar.

TEORİK BİLGİ

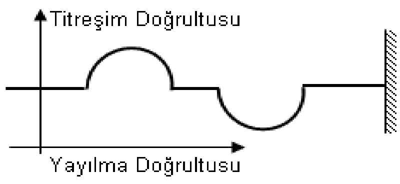
Dalgalar, esnek ortamı oluşturan parçacıkların denge konumu etrafında salınması yani basit titreşim hareketi yapması sonucu oluşur. Ortam içinde birbirine komşu noktalar arasındaki esneklik kuvvetinden dolayı, etki bir noktadan diğerine iletilir. Böylece ortamı oluşturan parçacıklar kendi denge konumları etrafında basit titreşim hareketi yaparken, ortam içinde yayılan bir yer değiştirme etkisi ortaya çıkar. Ortam içinde oluşan bu etkiye dalga hareketi denir ve enerjinin madde içinde bir noktadan diğerine iletilmesini sağlar.

Durgun bir su birikintisine bir taş attığımızda, taşın suya düştüğü noktadan dışarıya doğru daireler şeklinde bir hareketin yayıldığını görürüz. Bu hareket bir dalga hareketidir. Yine benzer şekilde rüzgârlı havada bayrak direğindeki bir bayrağın hareketi veya rüzgârlı bir havada bir buğday tarlasındaki hareket bir dalga hareketidir. Dalga hareketi sırasında ortamın yerinin değişmediği ve sadece aşağı yukarı hareket ettiği görülmüştür. Ortamlar dalgalarla hareket etmezler hareket eden şey ortamdaki sarsıntılardır.

Dalgaları, yayılma ortamına göre ve yayılma doğrultusuna göre ikiye ayırabiliriz. Yayılma ortamına göre mekanik ve elektromanyetik dalgalar olmak üzere ikiye ayrılırlar. Mekanik dalgaların yayılması için bozulabilen fiziksel bir ortam olmalıdır. Örneğin ses dalgaları hava moleküllerini, su dalgaları ise su moleküllerini titreştirerek yayılırlar. Elektromanyetik dalgalar ise yayılmak için bir ortama ihtiyaç duymazlar ve boşlukta da yayılabilirler. Örneğin görünür ışık, radyo dalgaları, televizyon sinyalleri, X ışınları gibi.

Yayılma doğrultularına göre ise enine ve boyuna dalga olmak üzere ikiye ayrılır.

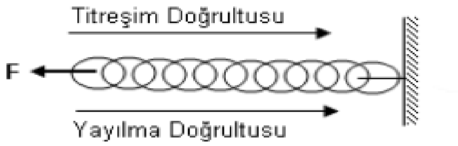
Enine Dalga: Gergin ipi aşağı yukarı salladığımızda ip boyunca art arda tepe ve çukurların ilerlediği görülür. Titreşim doğrultusu yayılma doğrultusuna dik olan bu dalgalara enine dalgalar denir. Yay dalgaları, bir ipteki dalgalanmalar ve ışık enine dalgaya örnek olarak verebiliriz.



Şekil 1. Enine Dalga

Boyuna Dalga: Gergin yayın birkaç halkasını sıkıştırarak serbest bırakırsak, bu sıkışma diğer halkalara da aktarılarak öteki uca doğru ilerler. Titreşim doğrultusu yayılma doğrultusuna paralel olan bu dalgalara da boyuna dalgalar denir. Buna örnek ses dalgalarını verebiliriz.

Yaylar üzerinde hem enine hem de boyuna dalga elde etmek mümkündür.



Şekil 2. Boyuna Dalga

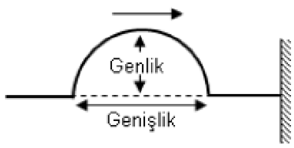
Atma: Bir ortamda oluşan kısa süreli tek bir dalgaya atma denir.

Dalga boyu (λ): İki dalga tepesi ya da çukuru arasındaki uzaklığa denir. Birimi metredir.

Periyot (T): Dalganın, bir dalga boyu yol alması için geçen süreye denir (Bir noktadan geçen ardışık atmaların özdeş iki noktası için geçen süre). Birimi saniyedir.

Frekans (f): Birim zamanda üretilen dalga sayısına denir. Birimi s^{-1} veya Hz (Hertz) dir.
$T = 1/f$

Genlik (A): Herhangi bir atmanın tepe noktasının denge konumuna uzaklığına denir ve A ile gösterilir.



Şekil 3

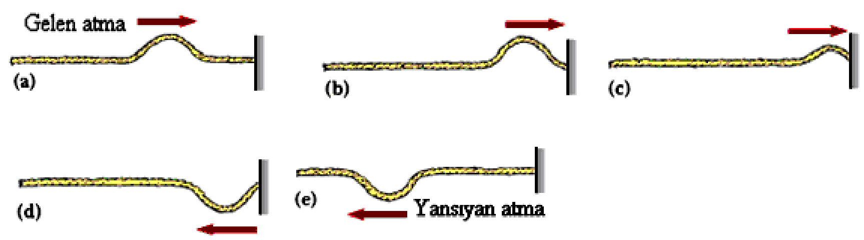
Dalga hızı (v): Dalganın birim zamanda aldığı yoldur. Dalga bir periyotluk sürede bir dalga boyu yol alacağından,

$$\mathrm{v} = \frac{\lambda}{T}$$

şeklinde ifade edilebilir.

Rezonans: Titreşebilen bir sisteme, dışarıdan periyodik bir kuvvet uygulandığında sistemin frekansı ile dışarıdan uygulanan kuvvetin frekansı eşit olduğunda sistem maksimum genlikle salınım hareketi yapar. Bu olaya rezonans denir.

Bir ucuna ağırlık asılarak gerdirilmiş ipin diğer ucu, titreştirici yardımı ile titreştirildiğinde, titreştiricinin oluşturduğu ilerleyen dalgalar, Şekil 4' de görüldüğü gibi, titreştiricinin diğer ucundan ters dönerek geri yansır. Sicim üzerinde ileri ve geri yönde yayılan dalgaların yayılma hızları belli değerleri aldığında, ilerleyen ve ters dönerek geri yansıyan dalgalar yapıcı girişim oluşturacak şekilde üst üste binerler ve Şekil 5' de görüldüğü gibi düğüm ve karın noktaları sabit olan bir titreşim deseni oluştururlar. Oluşan bu desende, sicim üzerindeki her nokta, kendine özgü sabit bir genlikle basit titreşim hareketi yapar. Oluşan dalga zarfı, dış gözlemciye göre durgun göründüğünden, yapıcı girişimle oluşan bileşke dalgaya duran dalga denir. Denge konumuna maksimum uzaklıktaki noktalara karın, sıfır olan noktalara ise düğüm noktaları adı verilir.

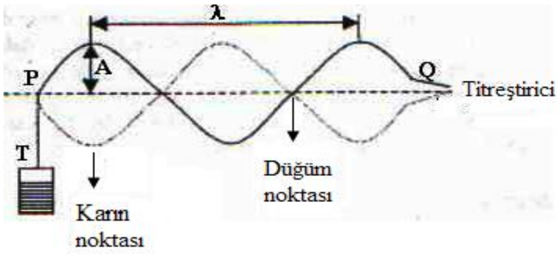


Şekil 4. İlerleyen dalga atmasının, gerilmiş ipin sabit ucunda yansıması.

Birim uzunluğun kütlesi μ olan bir yay T kuvvetiyle gerilirse (Şekil 5), yay üzerinde oluşturulan dalganın hızı;

$$\mathrm{v} = \sqrt{\frac{T}{\mu}} \qquad (1)$$

olur. Burada, $\mu = \dfrac{M}{L}$ ipin boyca yoğunluğudur.



Şekil 5. Titreştirilen sicim üzerinde, titreştiricinin frekansıyla, sistemin doğal frekansının eşit olması durumunda ortaya çıkan duran dalgalar.

İki düğüm noktası arası uzaklığa bir iğ denir. Bir iğin boyu $\lambda/2$ dir. L uzunluğunda n tane iğ oluşmuşsa;

$$L = n\lambda/2 \ \text{ yani } \ \lambda = 2L/n \quad (n = 1,2,3,\ldots) \qquad (2)$$

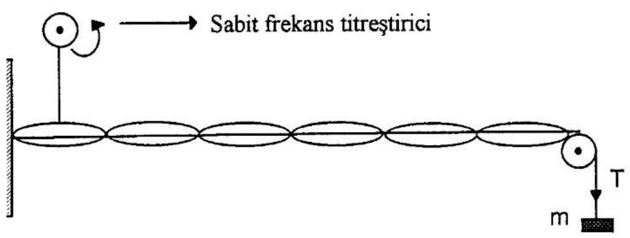
Herhangi bir dalganın frekansı, dalganın v hızını dalga boyuna bölerek elde edilir.

$$f = \frac{\mathrm{v}}{\lambda_n} \qquad (3)$$

Denklem (3) de v yerine (1)'i yazarsak frekans ifadesini (4) deki gibi elde ederiz.

$$f = \frac{1}{\lambda_n}\sqrt{\frac{T}{\mu}} \qquad (4)$$

DENEYİN YAPILIŞI



Şekil 6

1. BÖLÜM

1) Sabit frekanslı bir elektrikli titreştirici ile oluşturulmuş, Şekil 6'daki deney düzeneğini kurunuz. İpin boyunu sabit tutunuz. İpin gerginliği dolayısıyla, dalganın hızı, ipin ucuna asılan kütle değiştirilerek ayarlanır. Titreştiriciyi çalıştırınız ve 7 yarım dalgadan oluşan bir duran dalga deseni elde edilinceye kadar ipin ucuna kütleleri ilave ediniz. Titreştiricinin frekansını kaydediniz ve Çizelge 1'i doldurunuz.
2) İpi geren kuvvetlere karşı, ölçülen dalga boylarının karelerini bir grafik kâğıdına işaretleyiniz ve bu noktalardan geçen doğruyu çiziniz. Doğrunun eğiminden ipin titreşim frekansını bulunuz. Bu aynı zamanda titreştiricinin frekansına eşittir. Teorik frekans değeriniz ile elde ettiğiniz deneysel frekans değeri arasındaki hatayı hesaplayınız.

Çizelge 1 (L = ……. cm **)**

Yarım dalga sayısı	**Kütle (g)**	**Dalga boyu λ (cm)**	**Dalga boyunun karesi λ^2 (cm^2)**	**İpteki gerilme T (dyn)**
7				
6				
5				
4				
3				

2. BÖLÜM

1) İpi geren T kuvvetini sabit tutup ipin boyunu değiştirerek dalga sayısının değişimini inceleyiniz. Çizelge 2' yi doldurunuz.
2) Çizelge 2 deki her değeri için frekansı hesaplayınız. Aritmetik ortalamasını alarak elde ettiğiniz deneysel frekans değerini teorik değer ile 1. bölümde elde ettiğiniz değerle karşılaştırınız.

Çizelge 2 (T = mg =………. dyn **)**

Yarım dalga sayısı	**L (cm)**	**Dalga boyu λ (cm)**	**Dalga boyunun karesi λ^2 (cm^2)**
7			
6			
5			
4			
3			

SORULAR

1) Enine ve boyuna dalgaları örneklerle açıklayınız.
2) İpte ölçtüğünüz en küçük ve en büyük gerilmeler için, dalga hızının sayısal değerini hesaplayınız.
3) Deneyde kullandığınız iple aynı boyutlarda ve aynı gerilim altındaki bir kurşun teldeki dalga hızı, ölçtüğünüz hızdan büyük mü, yoksa küçük mü olur?
4) İpteki gerilme a) Dokuz kez büyütülürse, b) Dört kez küçültülürse, dalganın hızı ne kadar değişir?
5) Frekansı arttırdığınızda dalgaların hızı ne olur?

DENEY 7

MERKEZİ ÇARPIŞMALAR VE ÇİZGİSEL MOMENTUMUN KORUNUMU

DENEYİN AMACI

1) İzole edilmiş bir sistemde farklı şekildeki çarpışmaların çizgisel momentumunun korunumunu doğrulamak,
2) Çarpışma sırasında kütle merkezindeki hareketi araştırmak ve esnek ve esnek olmayan çarpışmalarda kinetik enerji korunumunu incelemek.

DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Hava masası, Velkro bandı (tamamen esnek olmayan çarpışmada disklerin birbirine yapışması için), milimetrik bölmeli cetvel

TEORİK BİLGİ

Bir nesnenin çizgisel momentumu $\vec{P}$, kütlesinin ve hızının çarpımı şeklinde tanımlanır:

$$\vec{P} = m\vec{\mathrm{v}} \tag{1}$$

Burada çizgisel momentumdan kısaca momentum olarak bahsedeceğiz. Bununla birlikte sadece net bir dış bir kuvvet, $\vec{F}_{\text{dış}}$ uygulandığı zaman cismin hızının değiştiğini biliyoruz ve bu da momentumun değişeceği anlamına gelir. Bu gerçek, Newton'un ikinci yasasından görülebilir. Newton'un ikinci kanununa göre sabit kütleli bir cisim için;

$$\vec{F}\text{dış} = m\vec{a} = m\frac{d\vec{\mathrm{v}}}{dt} \tag{2}$$

m sabit olduğunda bu denklem açıkça;

$$\vec{F}\text{dış} = m\frac{d(m\vec{\mathrm{v}})}{dt} = \frac{d\vec{P}}{dt} \tag{3}$$

şeklinde yazılır. Yukarıdaki denklemden eğer bir nesnenin üzerine etki eden net kuvvet sıfır ise, bu cismin momentumu korunuyor anlamı çıkarılabilir. Yani zamanla değişmez. $\vec{F}_{\text{dış}} = 0$ olursa; o zaman,

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = 0 \tag{4}$$

$$\vec{P} = sabit \tag{5}$$

bulunur. Burada sabit derken, momentum zamanla değişmez yani tüm zamanlarda cisim aynı momentuma sahiptir.

$m_1, m_2, \ldots, m_N$ kütlelerini taşıyan N parçacıklı bir sistem, yukarıdaki sonuca dayanarak genelleştirilebilir. Parçacıkların oluşturduğu böyle bir sistemin herhangi bir anlık zamandaki toplam momentum tanımından:

$$\vec{P}_{top} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \cdots + \vec{P}_N \tag{6}$$

Burada $\vec{P}_1 = m_1\vec{\mathrm{v}}_1,\ \vec{P}_2 = m_2\vec{\mathrm{v}}_2, \ldots, \vec{P}_N = m_N\vec{\mathrm{v}}_N$ olur.

Denklem (6)'daki toplama, vektörel bir toplama işlemidir. Bu durumda denklem (3) genelleştirilirse;

$$\vec{F}_{\text{dış}} = \frac{d\vec{P}_{top}}{dt} = \frac{d}{dt}(\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \cdots + \vec{P}_N) \quad (7)$$

olur. Burada, $\vec{F}_{\text{dış}}$ parçacıkların oluşturduğu sistemdeki net dış kuvvet anlamına gelir. Yani parçacıkların oluşturduğu sistemde birbirleri üzerindeki kuvvet (parçacıkların kuvvetleri), etkilerinden farklı bir kuvvettir. Bu dış kuvvetler sürtünme, yerçekimi olabilir. Bu yüzden parçacıkların oluşturduğu sisteme hiçbir net dış kuvvet etki etmiyorsa, sistemin toplam momentumu korunacaktır. Yani;

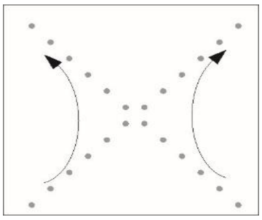
$$\frac{d\vec{P}_{top}}{dt} = \frac{d}{dt}(\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \cdots + \vec{P}_N) = 0 \quad (8)$$

$$\vec{P}_{top} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \ldots\ldots + \vec{P}_N = sabit \quad (9)$$

Yine yukarıdaki toplama vektörel bir işlemdir.

Parçacıkların aralarında olan çarpışmaları da göz önüne almayarak; hiçbir net kuvvetin etki etmediği parçacıkların oluşturduğu bir sistemin ya da izole edilmiş bir sistemin toplam momentumu zamanın herhangi bir anında aynı olacaktır.

Bu deneyde yatay konumdaki hava masasında hareket eden iki diskli sistemde momentumun korunumu araştırılacaktır. Yatay konumda olan ve sürtünmesi en aza indirilmiş hava masası üzerine konmuş olan disklerin üstünde açıkça hiçbir net dış kuvvet oluşmaz. Bu nedenle disklerin toplam momentumunun korunmuş olabileceğini düşünüyoruz. Disklerin çarpışmaları sağlanır, çarpışmadan önceki ve sonraki toplam momentumları ölçülür ve karşılaştırılır. Veri kâğıdımızda elde ettiğimiz noktaların biçimi aşağıda, Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Yatay konumdaki hava masasında esnek çarpışma yapan iki diskin veri noktaları

İki diskin çarpışmadan önceki hızları $\vec{v}_A$ ve $\vec{v}_B$, çarpışmadan sonraki hızları ise $\vec{v}'_A$ ve $\vec{v}'_B$ olacaktır. Sistemin izole edilmiş bir sistem olduğuna göre toplam momentum korunmuş olacaktır ve zamanın herhangi bir anı için;

$$\vec{P}_{top} = sabit \quad (10)$$

$$\vec{P}_A + \vec{P}_B = \vec{P}'_A + \vec{P}'_B \quad (11)$$

Burada $\vec{P}_A = m_A \vec{v}_A$, $\vec{P}_B = m_B \vec{v}_B$ v.b. olur.

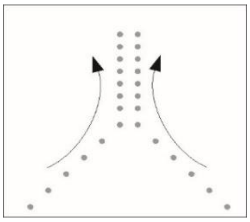
Disklerin kütleleri özdeş olduğuna göre yukarıdaki bağlantı dönüştürülür.

$$\vec{v}_A + \vec{v}_B = \vec{v}'_A + \vec{v}'_B \quad (12)$$

Momentum, vektörel bir nicelik olduğundan dolayı momentumun x ve y yönünde korunduğu ifade edilmelidir. Bu nedenle denklem (12), aşağıdaki gibi düzenlenir.

$$\begin{aligned} &\text{X yönünde} \quad \rightarrow \quad |\vec{v}_{Ax}| - |\vec{v}_{Bx}| = |\vec{v}'_{Ax}| - |\vec{v}'_{Bx}| \\ &\text{Y yönünde} \quad \rightarrow \quad |\vec{v}_{Ay}| + |\vec{v}_{By}| = |\vec{v}'_{Ay}| - |\vec{v}'_{By}| \end{aligned} \tag{13}$$

Sistem izole edilmiş bir sistem olduğuna göre tamamen esnek olmayan çarpışmada da açıkça momentum korunmaktadır. Bu çarpışmada iki disk birbirine yapışarak 2m kütleli bir nesne formunda $\vec{v}$ hızıyla hareket eder. Veri kâğıdındaki noktalar aşağıda bulunan Şekil 2'ye benzemelidir.



Şekil 2. Yatay konumdaki hava masasında iki diskin tamamen esnek olmayan çarpışmadaki veri noktaları

Çarpışma sırasında momentumun korunumu aşağıda verildiği gibidir.

$$\vec{P}_A + \vec{P}_B = \vec{P}' \tag{14}$$

$$\vec{v}_A + \vec{v}_B = 2\vec{v}' \tag{15}$$

Her iki yönde momentumun korunumunu ifade edersek;

$$\begin{aligned} &\text{X yönünde} \quad \rightarrow \quad |\vec{v}_{Ax}| - |\vec{v}_{Bx}| = 0| \\ &\text{Y yönünde} \quad \rightarrow \quad |\vec{v}_{Ay}| + |\vec{v}_{By}| = 2|\vec{v}'_y| \end{aligned} \tag{16}$$

Esnek çarpışmada iki disk çarpıştıktan sonra ayrılarak hareketine devam edecektir. Çarpışmadan önce ve sonra sistemin toplam kinetik enerjileri sırasıyla aşağıdaki gibi olacaktır.

$$\begin{aligned} K &= \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}mv_B^2 \\ K' &= \frac{1}{2}mv_A'^2 + \frac{1}{2}mv_B'^2 \end{aligned} \tag{17}$$

Bununla birlikte tamamen esnek olmayan çarpışmada iki disk birbirine yapışarak 2m kütleli ve $\vec{v}$ hızlı tek bir cisim formunda çarpışmadan sonraki toplam kinetik enerjisi;

$$K' = \frac{1}{2}2mv'^2 = mv'^2 \tag{18}$$

şeklinde bulunur. Kinetik enerji skaler bir büyüklük olduğuna göre, denklemlerindeki toplamlar artık cebirsel toplamdır. Diğer taraftan esnek çarpışmada kinetik enerji hemen hemen korunurken, yani $K = K'$ iken; tanıma göre tamamen esnek olmayan çarpışmada korunmaz. Kinetik enerjinin maddesel kaybı;

$$\text{Maddesel kayıp} = \frac{K - K'}{K}$$

olarak tanımlanır ve bunu kullanarak kinetik enerjinin maddesel kaybının yüzde oranını tanımlayabiliriz. Yüzdelik kayıp ise

Yüzdelik kayıp $= \dfrac{K - K'}{K} \times 100$

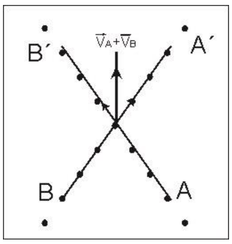
olur.

DENEYİN YAPILIŞI

Bu deney iki bölümden oluşur. Bölüm A, esnek çarpışma ve Bölüm B, tamamen esnek olmayan çarpışmadır. Bu deney yatay bir seviyede konumlandırılmış hava masasında yapılacaktır. Bu yüzden deneye başlamadan önce, kitapçığın ilk bölümünde anlatıldığı gibi hava masasının seviyesini yükseltiniz.

Bölüm A: Esnek Çarpışma

1) Sadece pompa anahtarını (P) çalıştırın ve iki diski hava masasının bir tarafından öbür tarafına doğru diyagonal olarak birbirine doğru masanın ortasında bir yerde çarpışabilecek şekilde fırlatınız. Yeterli derecede uygun bir çarpışma elde edene kadar bu işlemi birkaç kez tekrarlayın. İki diski da ne çok yavaş ne de çok hızlı fırlatmayınız sadece orta düzeyde bir hızla hareket edebilecek şekilde itiniz. Şimdi uygun bir sparktimer frekansı seçiniz (Örneğin 20 Hz) ve ardından (P) anahtarını çalıştırırken diskleri hava masasının üzerinde bir tarafından öbür tarafa doğru fırlatınız ve sparktimer anahtarını (S) diskler serbest kalır kalmaz çalıştırınız. İki disk hareketlerini tamamlayana kadar her iki anahtarı da açık tutunuz.
2) Veri kâğıdını kaldırınız ve oluşan noktaları dikkatle gözden geçiriniz. Noktalar Şekil 1'deki gibi olmalıdır. Her iki disk için noktaları 0, 1, 2, … şeklinde numaralandırınız.
3) Disklerin kat ettiği iki yolu çarpışmadan önce X_A ve X_B çarpışmadan sonra da X_A' ve X_B' diye isimlendiriniz.
4) A diski için belirlediğiniz aralığın (dört yada beş aralık olabilir) uzunluğunu ölçüp zamana bölerek A diskinin hızını bulunuz (t=n/f; t=zaman, n=aralık sayısı, f=frekans). A diskinin X_A yolu boyunca olan hız vektörünün x ekseni ile yaptığı açıyı (θ_1) hesaplayınız ve buradan diskin hızının x ve y bileşenlerini bulunuz.
5) Üstte 4 numarada yaptığımız işlemleri B, A' ve B' diskleri içinde yapınız.
6) Esnek çarpışma için x ve y yönünde momentumun korunduğunu doğrulayınız.
7) İki diskin çarpışmadan önceki ve sonraki toplam kinetik enerjilerini bulunuz ve bunları karşılaştırınız.



Şekil 3. $\vec{v}'_A + \vec{v}_B$ nin vektör toplamı

Bölüm B: Tamamen Esnek Olmayan Çarpışma

1) Velkro bandını sıkı bir şekilde iki diskin etrafına sarınız, bandın kenarlarının veri kâğıdının yüzeyi ile temas etmediğinden emin olunuz. Sadece pompa anahtarını (P) çalıştırınız ve iki diski hava masasının bir tarafından öbür tarafına birbirlerine doğru masanın ortasında bir yerde çarpıştırıp ve birlikte yapışık hareket edebilecek şekilde

fırlatınız. Disklerin çarpışmadan sonra yön değiştirmeyeceğinden emin olunuz. Bu işlemi uygun bir çarpışma elde edene kadar birkaç kez tekrarlayınız.

2) Şimdi pompa anahtarını (P) çalıştırarak diskleri birbirine doğru fırlatınız ve serbest bıraktığınız anda sparktimer anahtarını (S) çalıştırınız. Diskler hareketini tamamlayana kadar her iki anahtarı da açık tutunuz. Veri kâğıdındaki noktalar Şekil 2'deki gibi olmalıdır. Disklerin çarpışmadan önceki v_A ve v_B hızlarını ve de çarpışmadan sonra birlikte yapışık hareket eden iki diskin v' ortak hızını bulunuz.
3) Yukarıda Bölüm A 4 numarada anlatıldığı gibi disklerin hızlarını x ve y bileşenleri ile hesaplayınız.
4) Esnek olmayan çarpışma için x ve y yönünde momentumun korunduğunu doğrulayınız.
5) Disklerin çarpışmadan önceki ve sonraki toplam kinetik enerjilerini bulunuz ve maddesel kaybı hesaplayarak maddesel kaybın yüzde oranını da bulunuz.

SORULAR

1) Esnek ve esnek olmayan çarpışmaları tanımlayınız. Bu tür çarpışmalara 2'şer örnek veriniz.
2) Bir tabancadan çıkan bir mermi bir iple asılı bulunan bloğa saplanıyor. Bu olay hangi tür bir çarpışmadır? Momentum ve enerji korunumları hakkında ne söyleyebilirsiniz?
3) Momentum hangi şartlarda korunur?
4) Esnek olmayan çarpışmalarla kinetik enerji korunumunun niçin sağlanmadığını açıklayınız.

DENEY 8

AÇISAL MOMENTUMUN KORUNUMU

DENEYİN AMACI

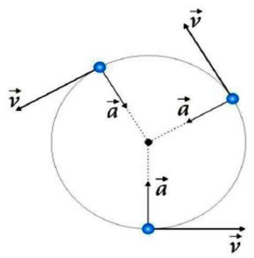
1. Açısal hız ve açısal ivme kavramlarının öğrenilmesi
2. Açısal momentumun korunumunun incelenmesi
3. Dönme eylemsizlik momentinin bulunması
4. Dönme kinetik enerjisinin ve korunumunun bulunması

DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Açısal Hız ve Momentum Deney Seti, Kompresör, Ağırlıklar, Makaralar

TEORİK BİLGİ

Eğer bir cisim düzgün bir dairenin etrafında ya da dairesel bir yayda hareket ediyorsa bu harekete düzgün dairesel hareket denir. Şekil 8.1 'de görülen v cismin çizgisel hızıdır. Hız vektörel bir nicelik olduğu için bu dairesel hareket boyunca büyüklüğü aynı kalsa dahi yönü sürekli olarak değişir. Bu da cismin bir ivmesinin olduğunu gösterir (Şekil 8.1).

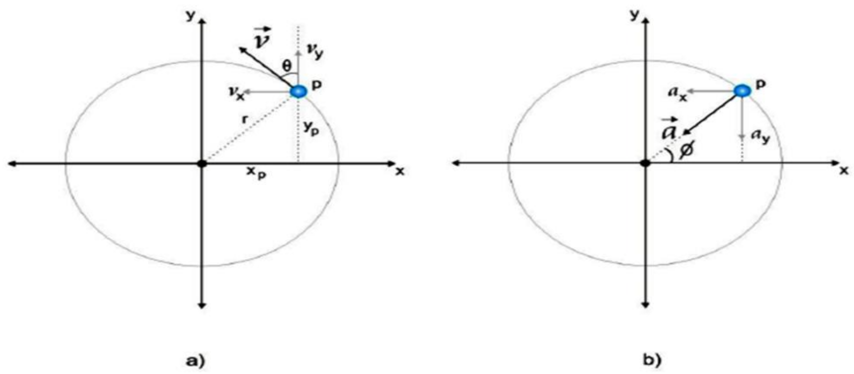


Şekil 8.1. Düzgün dairesel harekette hız ve ivme vektörleri

Bu ivmeye merkezcil ivme denilir ve büyüklüğü;

$$\overrightarrow{|a|} = \frac{\vec{v}^2}{r} \tag{8.1}$$

dır. Burada "r" dairesel hareketin yarıçapını, v ise cismin çizgisel hızını ifade eder. İvmenin yönünün hareketin merkezine doğru olduğu Şekil 8.2 yardımıyla kanıtlanabilir.



Şekil 8.2. p parçacığının dairesel hareketindeki çizgisel hız ve merkezcil ivmesinin gösterimi.

$$\vec{v} = v_x\hat{\imath} + v_y\hat{\jmath} \tag{8.2}$$

Bu denklemde $v_x = -vsin\theta$ ve $v_y = vcos\theta$ dır.

$$\vec{v} = \left(-v\frac{y_p}{r}\right)\hat{\imath} + \left(-v\frac{x_p}{r}\right)\hat{\jmath} \tag{8.3}$$

Cismin hız denkleminin zamana göre türevinden ivmesine geçersek;

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \left(-\frac{v}{r}\frac{dy_p}{dt}\right)\hat{\imath} + \left(\frac{v}{r}\frac{dx_p}{dt}\right)\hat{\jmath} \tag{8.4}$$

Burada $\frac{dy_p}{dt} = v_y$ve $\frac{dx_p}{dt} = v_x$ dir. Bu iki hız bileşenini de v cinsinden yazarsak, Denklem 8.4;

$$\vec{a} = \left(-\frac{v^2}{r}cos\theta\right)\hat{\imath} + \left(\frac{v^2}{r}sin\theta\right)\hat{\jmath} \tag{8.5}$$

haline gelir. İvme vektörünün bileşenleri Şekil 8.2.b'de görülmektedir ve $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2}$ dir.

$$|\vec{a}| = \frac{v^2}{r}\sqrt{cos^2\theta + sin^2\theta} = \frac{v^2}{r}\sqrt{1} = \frac{v^2}{r}$$

(8.6)

Yani ivmenin bileşenleri $a_x = -\frac{v^2}{r}cos\theta$ ve $a_y = -\frac{v^2}{r}sin\theta$ dır. O zaman;

$$tan\emptyset = -\frac{v^2}{r}sin\theta / -\frac{v^2}{r}cos\theta = tan\theta \tag{8.7}$$

Denklem 8.7'den anlaşıldığı gibi $tan\emptyset = tan\theta$ dir. Bu sonuca ulaştığımıza göre merkezcil ivmenin, bütün hareket boyunca dairesel hareketin merkezine doğru olduğunu kanıtlamış olduk. Eğer bir dönme hareketinden bahsediliyorsa sistemin bir periyodu vardır. Şekil 1'deki dairesel hareketin periyodu;

$$T = \frac{2\pi r}{v} \tag{8.8}$$

denklemi ile hesaplanır.

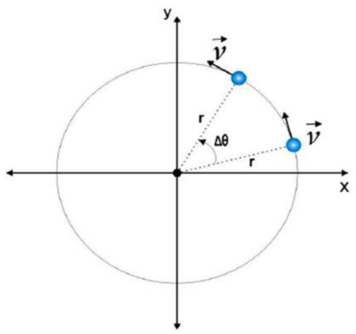
Açısal Hız (ω): Dairesel hareket yapan bir cismin belirli bir zaman aralığında açısal olarak konum değişikliğine ortalama açısal hız denilir (Şekil 8.3).

$$\omega_{avg} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} \tag{8.9}$$

şeklinde formüle edilir. Anlık açısal hız ise;

$$\omega_z = \lim_{\Delta t \to 0}\frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{d\theta}{dt} \tag{8.10}$$

Açısal hız dediğimizde anlık açısal hızdan bahsediyoruz, ortalama açısal hızdan değil.



Şekil 8.3. Bir cismin belirli bir zamandaki açısal konum değişikliği.

Açısal hız da vektörel bir niceliktir ve doğrultusu sağ el kullanılarak bulunabilir. Sağ elinizin parmakların dönme hareketinin yönünde kıvırınız. Bu durumda başparmağınızın gösterdiği yön açısal hızın yönüdür.

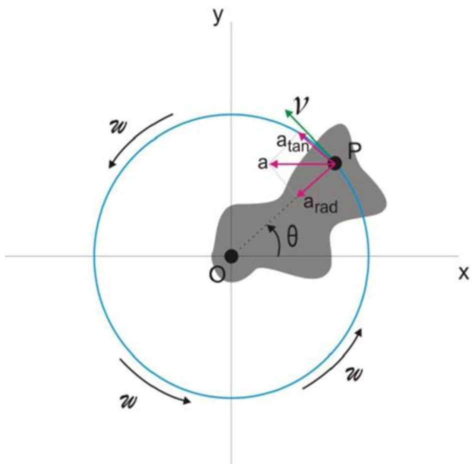
Açısal ivme (α): Açısal hız belirli bir zaman aralığında değişiyorsa bu değişime ortalama açısal ivme denilir.

$$\alpha_{avg} = \frac{\Delta\omega}{\Delta t} \tag{8.11}$$

anlık açısal ivme ise;

$$\alpha_z = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta\omega}{\Delta t} = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\theta}{dt^2} \tag{8.12}$$

Bir cismin x-y eksenindeki dairesel hareketi sırasındaki açısal hız zamanla artıyorsa ivme, açısal hız ile aynı yönlüdür (z ekseni). Fakat eğer zamanla açısal hız azalıyorsa açısal hız ile açısal ivme ters yönlüdür (-z ekseni).



Şekil 8.4. Bir cismin O noktası etrafında dönmesi

Şekil 8.4’de v, p noktasının çizgisel hızını, ω açısal hızını, a çizgisel ivmesini, a_{tan} çizgisel ivmenin teğet bileşenini ve a_{rad} merkezcil ivmesini belirtir.

P noktasının çizgisel hızı ile açısal hız arasındaki bağıntı: $v = r\,\omega$

Çizgisel ivmenin teğet bileşeni ile açısal ivme arasındaki bağıntı: $a_{tan} = r\,\alpha$

Merkezcil ivmesi: $a_{rad} = \omega^2 r$

Dönme Enerjisi: dönme hareketi yapan bir cismin bir kinetik enerjisi vardır. Bu cismin birçok küçük parçacıktan oluştuğunu düşünürsek, cismin toplam kütlesi;

$$M = m_1 + m_2 + m_3 + \ldots\ldots$$

dir. Bu cismi oluşturan i’nci parçacığın hızı v_i, kütlesi m_i ve dönme yarıçapı da r_i olsun. i’nci parçacığın hareketindeki hız, açısal bir hızdır ve kinetik enerjisini açısal hızı kullanarak yazarsak,

$$K = \frac{1}{2} m_i v_i^2 = \frac{1}{2} m_i (r_i \omega)^2$$

olur. Cismin toplam kinetik enerjisini bulmak istersek;

$$K = \frac{1}{2} m_1 r_1^2 \omega^2 + \frac{1}{2} m_2 r_2^2 \omega^2 + \frac{1}{2} m_3 r_3^2 \omega^2 + \cdots = \sum_i \frac{1}{2} m_i r_i^2 \omega \quad (8.13)$$

$$K = \frac{1}{2} (m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + \cdots) \omega^2 = \frac{1}{2} \left(\sum_i m_i r_i^2 \right) \omega^2 \quad (8.14)$$

Denklem 8.14'de parantez içinde bulunan ifade cismi oluşturan her bir parçacığın kütlesi ile dönme noktasına olan uzaklığının karesinin çarpımıdır. Bu ifadeye dönme eylemsizlik momenti denir ve "I" ile sembolize edilir.

$$I = m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + m_3 r_3^2 + \cdots = \sum_i m_i r_i^2 \quad (8.15)$$

Eylemsizlik momenti cismin şekline ve dönme eksenine bağlı olarak değişir.

$$I = \int r^2\, dm = \rho \int r^2 dV \quad (8.16)$$

Denklem 8.16'da "ρ" cismin yoğunluğunu, dV cismin hacim elemanını ve r cismin yarıçapını ifade eder.

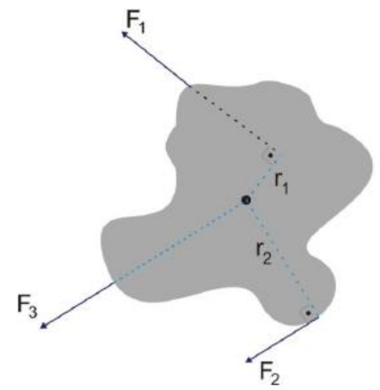
Dönme eylemsizlik momenti kullanılarak kinetik enerjiyi yazarsak;

$$K = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (8.17)$$

olur. Bu kinetik enerjiye dönme kinetik enerjisi denilir.

Tork (τ): Bir cisme uygulanan kuvvet ile kuvvetin uygulandığı noktanın dönme eksenine dik uzaklığının çarpımıdır, vektörel bir büyüklüktür (Şekil 8.5).

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F} \quad (8.18)$$



Şekil 8.5. Dönebilen bir cisme uygulanan kuvvetler.

Şekil 8.5'den ayrı ayrı torklar hesaplanacak olursa;

$$\tau_1 = F_1 r_1 \quad (8.19)$$

F_1 kuvveti cismi saatin ters yönünde döndürmeye çalıştığı için bu yönü pozitif olarak alırsak, F_2 kuvveti saat yönünde döndüreceği için

$$\tau_2 = -F_2 r_2 \quad (8.20)$$

olur. F_3 kuvvetinin dönmeye herhangi bir katkısı yoktur. Bu nedenle bir tork hesabı da yapılamaz. Cisme etki eden kuvvet, dönme eksenine teğet olduğu için kuvvetin yerine m_i $a_{i,tan}$ yazılabilir, o zaman tork;

$$\tau_i = (m_i a_{i,tan}) r_i \quad (8.21)$$

olur. Denklem 8.21'de çizgisel ivmenin yerine dönme hareketinden bahsettiğimiz için açısal ivmeyi ($a_{i,tan}=r_i.\alpha$) yazarsak;

$$\tau_i = (m_i \alpha) r_i^2 \quad (8.22)$$

olur. Bu denklem i'nci parçanın torkunu verir. Bütün cisim için torka bakarsak:

$$\sum_i \tau_i = \sum_i (m_i \alpha) r_i^2 \quad (8.23)$$

$\sum_i m_i r_i^2$ ifadesi dönme eylemsizlik momentidir. O zaman en genel ifadeyle tork;

$$\tau = I\alpha \quad (8.24)$$

Açısal Momentum (L): Bir cismin çizgisel momentum vektörünün her hangi bir noktaya göre dönmesine denir. Cismin çizgisel momentum vektörüne P ve bu vektörü dönme eksenine bağlayan konum vektörüne r dersek açısal momentum;

$$\vec{L} = \vec{r} \times \vec{P} \quad (8.25)$$

dir ve r-p düzlemine diktir. Bu denklemden faydalanarak sağ el kuralı ile açısal momentum vektörünün yönü bulunabilir. Denklem 8.25'de çizgisel momentumu yerine yazarsak;

$$\vec{L} = \vec{r} \times (m\vec{v}) \quad (8.26)$$

olur. Bir cisme kuvvet etki ediyorsa cismin hızı ve momentumu değişir. buna bağlı olarak da açısal momentumu değişir. cismin açısal momentumundaki bu değişim kuvvetin cisim üzerinde yarattığı torka eşittir.

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \left(\frac{d\vec{r}}{dt} \times m\vec{v}\right) + \left(\vec{r} \times m\frac{d\vec{v}}{dt}\right) = (\vec{v} \times m\vec{v}) + (\vec{r} \times m\vec{a}) \quad (8.27)$$

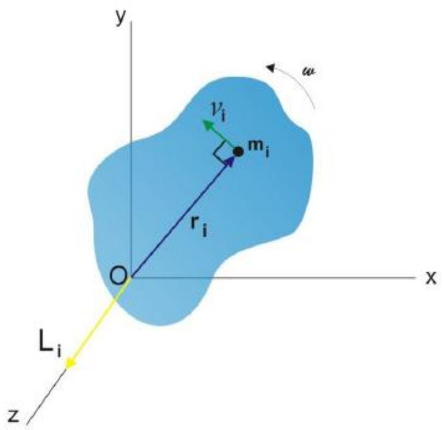
Denklem 8.27'de ilk terim sıfırdır. Çünkü $\vec{v} \, x \, \vec{v} = 0$ dır. Bu durumda;

$$\frac{d\vec{L}}{dt} = \vec{r} \times \vec{F} = \vec{\tau} \quad (8.28)$$

Açısal momentumun zamana bağlı değişimi bize torku verir.

Bir cismin birçok parçadan oluştuğunu düşünür (Şekil 8.6) ve Denklem 8.26'daki açısal momentumu i'ninci parçacık için yazarsak;

$$L_i = m_i(r_i\omega) r_i \quad (8.29)$$



Şekil 8.6. i'ninci parçacığın açısal momentum vektörünün yönü x-y düzlemine diktir.

Şimdi bütün cisim için L'yi bulmak istersek i üzerinden toplam almamız gerekir. Bu durumda açısal momentum;

$$L = \sum_i L_i = \left(\sum_i m_i r_i^2\right)\omega \tag{8.30}$$

olur. Denklem 8.30 'da parantez içinde kalan ifade Denklem 8.15'deki ifade ile aynıdır ve dönme eylemsizlik momentidir.

$$L = I\omega \tag{8.31}$$

DENEYİN YAPILIŞI

1.BÖLÜM: Açısal Hızın Ölçülmesi ve Dönme Eylemsizlik Momentinin Bulunması

Açısal Hızın hesaplanması için;

1) Alt disk sabit üst disk hareketli olacak şekilde sistemi kurunuz.

2) "Puls Counter"ı üst diski okuma konumuna alınız.

3) Kompresörü çalıştırınız.

4) Üst diskin elinizle sabit olarak tutunuz. Dijital göstergenin sıfır göstermesini bekleyiniz.

5) Elinizle bir seferlik kuvvet uygulayarak üst diskin dönmesini sağlayınız.

6) Arka arkaya okunan verileri Çizelge 1'e kaydediniz.

7) Okuduğunuz değerler 1 saniyede sensörlerin önünden geçen bar sayısıdır (β). Bu bilgiyi kullanarak diskin açısal hızını;

Açı Değeri (Derece) = (360/200)β

Açı Değeri (Radyan) = Açı Değeri$\times \frac{2\pi}{360}$

Bu açı değerini 1s ye bölersek bize açısal hızı verir.

$$\omega = \frac{\text{Açı Değeri (Radyan)}}{1s}$$

Bu çözümü sade şekilde yazarsak;

$$\omega = \frac{\pi}{100}\beta$$

şeklinde olur.

Dönme Eylemsizlik Momentinin Bulunması;

1) Alt disk sabit üst disk hareketli olacak şekilde sistemi kurunuz.

2) “Puls Counter” üst diski okuma konumuna alınız.

3) Üst diske küçük yarıçaplı tork makarasını ve ağırlığın bağlı olduğu ipin ucundaki halkayı monte ediniz. İpi tork makarası üzerindeki kesikten çıkarınız.

4) Ağırlığın ipini Şekil 8.7 ’deki “11” numaralı makaradaki yarıktan geçirerek aşağı sarkıtınız. Burada dikkat edilmesi gereken nokta ipin tork makarasından çıkışı ile “11” numaralı makara arasında açılı olmamasıdır. Bu sebeple tork makarasının ipi sağa doğru sarması gereklidir.

5) Ağırlık takma aparatına 10 g lık kütleyi takınız.

6) Kompresörü çalıştırınız.

7) Tork makarasına ipi sararak ağırlığı “11” numaralı makaraya kadar çıkarınız.

8) Dijital göstergenin sıfır gösterdiğini gördükten sonra sistemi serbest bırakınız.

9) Sensörün okuduğu değerleri Çizelge 8.1’e kaydediniz.

10) Okunan değerler 1 saniye aralıklarla okunmaktadır. Buna dikkat ediniz.

11) Okunan değerleri kullanarak her veri için açısal hızı hesaplayınız.

12) Hesapladığınız açısal hız değerlerini kullanarak milimetrik kağıda açısal hız- zaman grafiğini çiziniz.

13) Çizilen grafiğin eğimi bize açısal ivmeyi vermektedir.

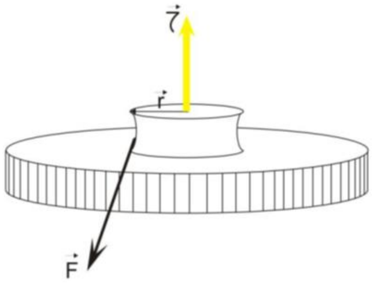
14) Denklem 8.18’i kullanarak torku hesaplayınız. Bu denklemde kuvvet asılan yük, kuvvet kolu (r) ise tork makarasının yarıçapıdır. Bu iki vektörün arasında da 90º lik açı vardır.

15) Denklem 8.18’den bulanan tork değerini ve grafiğin eğiminden bulunan açısal ivmeyi kullanarak Denklem 8. 24’den dönme eylemsizlik momentini bulunuz (I_{den}).

16) Bulunan bu değeri, disk için olan eylemsizlik momentinden bulduğunuz değer ile karşılaştırınız. Disk için eylemsizlik momenti; $I = \frac{1}{2}MR^2$dir. Bu denklemde “M” hareketli olan üst diskin kütlesi, “R” ise üst diskin yarıçapıdır.

17) Bulunan teorik eylemsizlik momenti ile deneysel eylemsizlik momentini karşılaştırınız. Hata hesabını yapınız.

18) Aynı işlemleri büyük ve küçük tork makarasıyla; üst diskin alüminyum ve çelik olduğu durum için hesaplamaları tekrarlayınız.



Şekil 8.10. Tork makarasına uygulanan kuvvet ve torkun yönü

Çizelge 8.1

t(s)	Okunan Bar Sayısı (β)			
	Alüminyum Disk (R=6,3 cm)		Çelik Disk (R=6.3 cm)	
	Tork Mak. (r=1,3 cm)	Tork Mak. (r=2,5 cm)	Tork Mak. (r=1,3 cm)	Tork Mak. (r=2,5 cm)
1				
3				
5				
7				
9				

19) Çizelge 8.1'deki veriler yardımıyla çizilen açısal hız-zaman grafiğinin eğimi bize α açısal ivmesini verecektir.

20) Eğim=tan α=............. ,$\tau = \left|\vec{F} \times \vec{r}\right| = Frsin90 = Fr = (mg)r$ denkleminden elde edilir. Aynı zamanda tork;$\tau = I\alpha$ dır.

21) Yukarıda bulduğumuz tork değerini ve grafiğin eğiminden bulduğumuz açısal ivme α değerini kullanarak I dönme eylemsizlik momentini bulursak;

(deneysel) =.............

(teorik) =.............

% Hata:

2.BÖLÜM: Açısal Momentumun Korunumu

1) Alt disk ve üst disk bağımsız hareketli şekilde iki paslanmaz çelik diski yerleştiriniz. Üst diske Şekil 8.8'deki "6" numaralı tıpayı monte ediniz.

2) İlk olarak üst diske monteli "6" numaralı tıpa "4" numaralı tıpa ile kapalıyken üst diski çevirniz. Bu durumda alt diskin hareketsiz olmasına dikkat ediniz.

3) Tıpa kapalıyken sensörün okuduğu bar sayısını Çizelge 8.2'ye not ediniz. Bu değer üst diskin bize açısal hızını verecektir.

4) "4" numaralı tıpayı "6" numaralı tıpadan çıkarınız ve sensörlerin okuduğu bar sayısını Çizelge 8.2'ye kaydediniz. Bu değer de bize alt ile üst diskin beraber hareketinin açısal hızını verecektir.

5) Çizelge 8.2'deki verileri kullanarak ilk ve son açısal momentumları hesaplayınız.

6) Sonuçları yorumlayınız. İlk ve son açısal momentumu karşılaştırarak hata hesabı yapınız.

7) Aynı işlemleri üst disk alüminyum iken tekrarlayınız.

Çizelge 8.2

Üst Disk Alüminyum (R=6,3 cm)		Üst Disk Çelik (R=6,3 cm)	
β_i	β_s	β_i	β_s

Açısal hız; $\omega = \frac{\pi}{100}\beta$ ve disk için eylemsizlik momenti; $I = \frac{1}{2}MR^2$dir. Açısal Momentumun değeri $L = I\omega$ şeklinde elde edilir. Üst diskin ilk açısal momentumu hesaplanırken kullanılan eylemsizlik momentindeki "M" üst diskin tek başına ağırlığıdır. Fakat son açısal momentum hesaplanırken alt ve üst disk beraber döndüğü için kullanılan eylemsizlik momentindeki "M" alt ve üst diskin toplam kütlesi olarak alınmalıdır. Çizelge 8.2'de "β" sensörlerin saydığı bar sayısını ifade etmektedir.

Açısal momentumun ilk değeri:……….

Açısal momentumun son değeri:……….

% Hata:

SORULAR

1) Aşağıdaki kavramları birer cümle ile tanımlayınız ve varsa cgs ve mks sistemlerindeki birimlerini belirtiniz:

Döndürme momenti, açısal hız, yörünge hızı, açısal ivme, düzgün değişen dönme hareketi, dönme kinetik enerjisi, eylemsizlik momenti, açısal momentum.

2) Açısal momentum korunumu ilkesini bir cümle ile belirterek kısaca açıklayanız. Bu ilkeyi nasıl bir deneyle gerçekleyebilirsiniz? Gerekli şekli çizerek açıklayınız.

3) Açısal harekette Newton kanunlarını yazınız ve kısaca açıklayınız.

DENEY 9

SARMAL BİR YAYDA HARMONİK HAREKETİN İNCELENMESİ

DENEYİN AMACI

Sarmal yay kullanarak,

1) Yay sabiti ve geri çağırıcı kuvvet kavramlarının öğrenilmesi,

2) Harmonik hareketin öğrenilmesi ve periyot ifadesinin deney sonuçlarından bulunması.

DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Sarmal yay (birbirinden farklı olan 3 adet yay), çengelli ağırlıklar veya küçük kefe, kronometre, cetvel, üç ayaklı destek

TEORİK BİLGİ

Sabit bir noktanın iki yanında salınan cisme titreşim hareketi yapıyor denir. Şayet bu titreşim hareketi bir geri çağırıcı kuvvetin etkisi ile gerçekleşiyorsa hareket harmonik hareketi olarak tanımlanır. Harmonik harekette cisme etki eden kuvvet cismin denge konumuna olan uzaklığı ile orantılıdır. Harmonik harekete örnek olarak bir sarkacın salınımını, bir diyapazonun titreşimini ve bu deneyde inceleyeceğiniz sarmal bir yayın ucuna asılı bir kütlenin salınımını verebiliriz.

Şekil 1'de görüldüğü gibi bir ucu destek çubuğuna tutturulmuş sarmal yayın diğer ucuna kütlesi m olan bir cisim asıldığını düşünelim. Denge durumunda cismin bulunduğu konum koordinat sisteminin merkezi olarak seçilsin. Açıkça bu konum farklı m kütleleri için farklı olacaktır. Yaya asılan cismin uyguladığı P = mg kuvvetine karşılık yayda zıt yönde bir F kuvveti doğar, buna esneklik kuvveti (geri çağırıcı kuvvet) denir. Bu durum Hooke kanunu olarak bilinir. Hooke kanunu, bir yayın denge durumundan x kadar uzaklaştırılması halinde yaydaki kuvvet ile yer değiştirme arasındaki bağıntıyı açıklar.

$$F = -kx \tag{1}$$

Burada k, birimi N/m olan yay sabitidir.

Yay x kadar gerildiğinde veya sıkıştırıldığında yaya depo edilen potansiyel enerji,

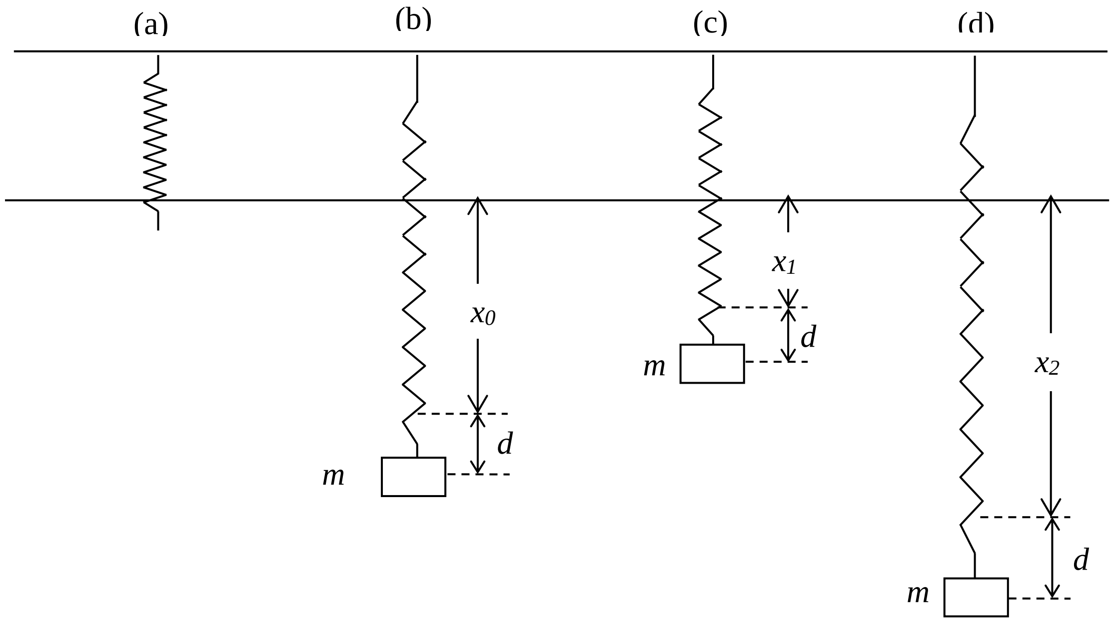
$$E_P = \frac{1}{2}kx^2 \tag{2}$$

ifadesi ile verilir. Dolayısıyla, x_1, x_2 gibi iki farklı konum arasındaki potansiyel enerji farkı

$$E_P = \frac{1}{2}k(x_2^2 - x_1^2) \tag{3}$$

olur. Şekil 1a'da görüldüğü gibi kütlesi olmayan bir yay ile başlayalım. Yayın ucuna bir m kütlesi asarsak yay x_0 kadar uzayacaktır (Şekil 1b). Burada x_0'ın değerini bu kütlenin ağırlığını dengelemek için yaydaki gerekli kuvvet tayin eder.

$$kx_0 = mg$$



Şekil 1

Yayın ucundaki cisim denge konumundan x_0 kadar yukarı kaldırıp serbest bırakıldığında cisim denge konumu etrafında harmonik hareket yapacaktır. Tam bir titreşim için geçen zamana periyot denir ve T ile gösterilir. Frekans, f, birim zamandaki titreşim sayısı olarak tanımlanır. Buna göre frekans, periyoda

$$f=1/T \tag{4}$$

bağıntısı ile bağlıdır. Yaya bağlı hareketli cismin denge konumuna olan uzaklığını gösteren x koordinatına da uzanım adı verilir. Uzanımın en büyük değerine de genlik (A) denir. Buna göre cismin hareket ettiği yol 2A dır.

Yaya asılı hareket yapan cisim en üst ve en alt noktalarında durur sonra geri döner. Cisim, hareketin en üst noktasında iken, tüm mekanik enerjisi yerçekimi alanında toplanır. En alt noktasında da yerçekimi alanında kaybedilen potansiyel enerji yayda depo edilmiştir.

Kütle yay sistemi için (1) nolu denklemden yola çıkarak ve Newton'nun 2. yasasını kullanarak

$$F = ma = -kx \tag{5}$$

ve ivmenin $a = \frac{d^2x}{dt^2}$ ifadesi yerine yazılırsa elde edilecek ikinci derece diferansiyel denklemde açısal frekans

$$w = \sqrt{\frac{k}{m}} \tag{6}$$

olarak elde edilir. Bununla birlikte açısal frekansın periyoda bağlılığı göz önünde bulundurulursa w=2πf=2π/T 'den hareketin periyodu,

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \tag{7}$$

olarak elde edilir.

DENEYİN YAPILIŞI

1. BÖLÜM: Yay Sabitinin Bulunması

1) Deneyin amacı birbirinden farklı uzunluklara ve esnekliklere sahip, aynı maddeden yapılmış üç farklı yayın yay sabitlerini bulmaktır.

2) 1. yayın denge konumunu bir cetvel yardımıyla belirleyiniz. Yayın ucuna veri tablosundaki ilk değer olan 100 g'lık bir kütle asınız. Yayın denge konumundan ne kadar uzadığını Δx değeri olarak tabloya kaydediniz. Aynı işlemleri tablodaki diğer kütle değerleri için tekrarlayınız.

3) Aynı işlemleri 2. ve 3. yay için yaparak veri tablosunu doldurunuz.

4) Her bir yay için elde edilen F' ye karşı uzama miktarı (Δx) grafiğini çiziniz. . $-k = F/\Delta x$ bağıntısını kullanarak, çıkan doğrusal grafiğin eğimi $\tan\theta = k_1$'dir ve bu bağıntı yay sabitini verecektir. Her bir yay için üç farklı garafik çizerek yay sabitleri elde edilir.

Çizelge 1

Kütle (g)	F=mg (dyn)	1. yay	2. yay	3. yay
		Δx (cm)	Δx (cm)	Δx (cm)
m=100				
m=200				
m=300				
m=400				
m=500				

2. BÖLÜM: Harmonik Harekette Periyot Bağıntısının İncelenmesi

a) T, m ile nasıl değişir?

1) İlk adımda yay sabitinin değişimi ile periyodun nasıl değiştiğini gözlemleyeceğiz. Bunun için bir yayı sabit olarak seçelim ve 2. yayı askıya asalım. Yayın ucuna 100 gr.'lık kütleyi asalım. Yayı denge konumundan 2 cm. aşağı çekerek tutalım. Yayı harekete bıraktığımız anda süreyi kronometre yardımıyla başlatalım ve 10 tam salınım yapması için geçen süreyi ölçüp tabloya kaydedelim. Yayın ucuna veri tablosundaki farklı kütleleri asarak her biri için aynı ölçümü tekrar edelim.

2) Periyodun kütleye bağlılığını ortaya çıkarmak için, periyoda (T) karşı m ve periyoda (T) karşı $\sqrt{m}$'nin grafiğini çiziniz. T ile m ve T ile $\sqrt{m}$ grafiklerini yorumlayalım.

Çizelge 2 (k_2=……..dyn/cm =sabit, N=10 salınım)

m (g)	t (s)	T = (t/N)(s)
m=100 gr.		
m=200 gr.		
m=300 gr.		
m=400 gr.		
m=500 gr.		

b) T, k ile nasıl değişir?

1) Bu kısımda yay sabitinin değişimi ile periyodun nasıl değiştiğini gözlemleyeceğiz.

2)1. yayı askıya asalım. Ucuna 200 g'lık bir kütle asalım. Bu kısımda kütle sabit olacaktır. Yayı denge konumundan 2 cm. aşağı çekerek tutalım. Yayı harekete bıraktığımız anda süreyi kronometre yardımıyla başlatalım ve 10 tam salınım yapması için geçen süreyi ölçüp tabloya kaydedelim. Aynı işlemleri yine 200 g'lık kütleyi kullanarak 2. ve 3. yay için tekrar ederek tabloya kaydedelim.

3)Periyodun yay sabitine bağlılığını inceleyebilmek için T'ye karşı k ve T' ye karşı $\sqrt{k}$ grafiklerini çizerek grafikleri yorumlayalım.

Çizelge 3 (m=sabit=200 g, N=10 salınım)

k (dyn/cm)	t (s)	T = (t/N) (s)
k1		
k2		
k3		

SORULAR

1) Hooke yasası nedir? Yay sabiti neye denir ve birimi nedir?

2)T–m, T–$\sqrt{m}$, T–$\sqrt{k}$, T–1/$\sqrt{k}$ grafiklerini çiziniz. Bu grafiklerin eğimlerinden, yay sabiti ve kütle değerlerini bulunuz.

3) Yukarıda elde ettiğiniz grafiklerden yararlanarak bir cismin kütlesini nasıl bulabilirsiniz?

4) Aynı k sabitine sahip olan birden fazla yayı uç uca bağladığınızda elde ettiğiniz yeni yayın k sabiti farklı mıdır?

DENEY 10

ENERJİNİN KORUNUMU VE TORK

DENEYİN AMACI

Enerjinin korunumu ve torkun incelenmesi

DENEYDE KULLANILAN ARAÇLAR

Dönme araçları, makara, çengel kütle, kütle seti, iplik, metre

TEORİK BİLGİ

Fiziksel anlamda, enerji iş yapabilme yeteneğidir. Enerji skaler bir büyüklüktür. Yani enerjinin yönü, bileşeni ve uygulama noktası gibi vektörel özellikleri yoktur. Hareketli bir cisim, barajda toplanan su, sıkıştırılmış yay enerjiye sahiptir. Günlük hayatta karşılaştığımız birçok olay enerji açısından incelendiğinde, enerjinin bir türden diğerine dönüştüğünü görürüz. Birçok enerji çeşidi mevcut halleri ile değil, değişik dönüşümler sağlanarak kullanılır. Teknoloji ürünü olan makinelerin çalışabilmesi için kimyasal ya da elektrik enerjisinin bir kısmı iş yapmak için makinenin özelliğine göre dönüşüme uğratılır. Örneğin elektrik enerjisi ütüde ısıya, ampulde ışığa, çamaşır makinesinde hareket enerjisine dönüşür. Enerji kaybolmadan bir türden başka bir tür enerjiye dönüşmesi olayına Enerjinin Korunumu ilkesi denir.

Birbirine dönüşebilen birçok enerji çeşidi vardır; mekanik enerji, ısı enerjisi, güneş enerjisi, elektrik enerjisi, nükleer enerji, rüzgâr enerjisi vb. gibi.

Kinetik Enerji

Cisimlerin hareketinden dolayı sahip oldukları enerjiye hareket enerjisi veya kinetik enerji denir.

Kütlesi m, hızı v olan bir cismin kinetik enerjisi;

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

şeklinde tanımlanır. Birimi Joule (kg.m^2/s^2) dür.

Bir cisme kuvvet uygulandığında cismin hızında değişim meydana gelir. Cismin kuvvet uygulanmadan önceki kinetik enerjisi K_{ilk}, kuvvet uygulandıktan sonra sahip olacağı kinetik enerjisi K_{son} ile gösterilirse kinetik enerjisindeki değişim miktarı (2) eşitliğindeki gibi olur.

$$\Delta K = K_{son} - K_{ilk} \qquad (2)$$

Bir cisme etkiyen net kuvvetin yaptığı iş, cismin kinetik enerjisindeki değişim miktarına eşittir ($W = \Delta K$).

Potansiyel Enerji

Bir sistemin konumundan dolayı sahip olduğu enerjiye potansiyel enerji adı verilir. Sıkıştırılmış bir yayın, depolanmış su buharının, belirli bir yükseklikte bulunan cismin veya barajdaki suyun sahip olduğu enerji potansiyel enerjidir. Potansiyel enerjiye sahip bir cisim veya sistem iş yapabilir.

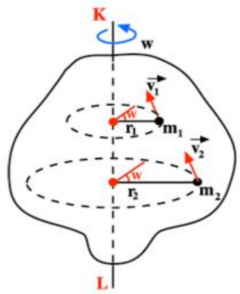
m kütleli bir cismi yer seviyesinden h kadar yükseğe sabit hızla çıkarmak için yapılması gereken iş, W = Fh = mgh (3)

dır. Yapılan işin enerji değişimine eşit olduğunu biliyoruz. Buna göre, yerden h kadar yükseklikte cismin yere göre potansiyel enerjisi,

U = mgh (4)

bağıntısı ile bulunur.

Dönme Kinetik Enerjisi



Şekil 1. Dönen bir cismin kinetik enerjisi

Bir cisim sabit bir eksen etrafında ω açısal hızıyla dönüyorsa bütün noktalar merkezleri dönme ekseni olan ve düzlemleri bu eksene dik olan çemberler çizerler. Şekil 1'de görüldüğü gibi KL ekseni etrafında dönen cismi oluşturan m_1 ve m_2 kütleli cisimler r_1 ve r_2 yarıçaplı çemberler boyunca hareket etmektedirler. Cisimlerin w açısal hızları aynı olmasına karşın, v_1 ve v_2 çizgisel hızları farklı büyüklüktedir. Bu nedenle cismin kinetik enerjisi cisimlerin kinetik enerjilerinin toplamına eşittir.

$$K = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 + \frac{1}{2}m_3v_3^2 + \cdots \qquad (v = \omega r) \tag{5}$$

$$K = \frac{1}{2}m_1r_1^2w^2 + \frac{1}{2}m_2r_2^2w^2 + \frac{1}{2}m_3r_3^2w^2 + \cdots \tag{6}$$

$$K = \frac{1}{2}w^2\left(m_1r_1^2 + m_2r_2^2 + m_3r_3^2 + \cdots\right) \tag{7}$$

Buradaki $I = m_1r_1^2 + m_2r_2^2 + ... = \sum_i mr_i^2$ şeklindeki kütlelerle onların dönme eksenine olan uzantılarının karelerinin çarpımı Eylemsizlik (Atalet) Momenti adını alır.

Dolayısıyla eylemsizlik momenti, cismin hem şekline ve kütle dağılımına hem de dönme eksenine bağlıdır. Eylemsizlik momentinin SI sistemindeki birimi kg.m^2'dir. Buna göre, bir eksen etrafında dönmekte olan bir cismin, (7) ile verilen toplam kinetik enerjisi

$$K = \frac{1}{2}I\omega^2 \tag{8}$$

olur. (8) denkleminden görüldüğü gibi eylemsizlik momenti büyüdükçe, cismin dönme hareketi yapması için daha fazla iş yapması gerekir.

Sonuç olarak:

I. Dönmeden ilerleyen (öteleme hareketi yapan) bir cismin kinetik enerjisi;

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

II. Sadece dönme hareketi yapan bir cismin kinetik enerjisi;

$$K = \frac{1}{2}I\omega^2$$

III. Dönerek ilerleyen (hem dönme, hem de öteleme hareketi yapan) bir cismin kinetik enerjisi;

$$K = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2$$

bağıntıları ile bulunur.

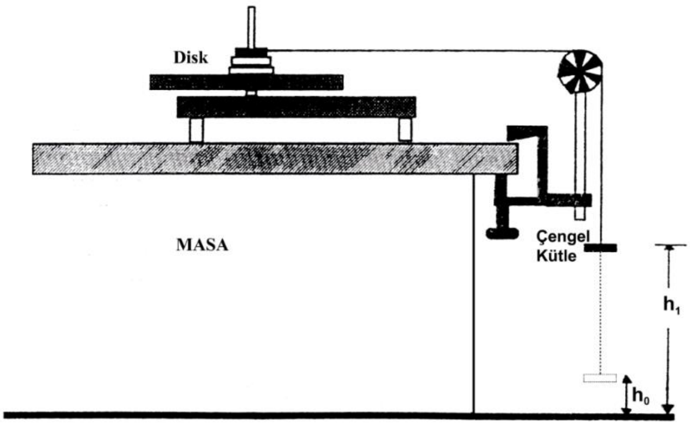
Tork (Dönme Momenti)

Newton'un hareket denklemini tatbik etmek için, inceleme altındaki sistemde işleyen bütün güçler bilinmelidir. Bununla birlikte her mekanik sistemde daima ölçülmemiş sürtünmeli güçler vardır. Bu yüzden sistemin hareketi Newton Kurallarına göre tamam değilmiş gibi görünür. Bu deneyde, diski döndürecek torku sağlamak için düşen bir kütle kullanacağız. Düşen kütle tarafından kaybedilen enerji dönen diskin dönme kinetik enerjisini temin edecek. Daha sonra kütle disk tarafından geri sürüldüğü için, disk tekrar yavaşlayacak, onun kinetik enerjisi yükselen kütlenin yerçekimi potansiyel enerjisine geri dönüşür. Bununla beraber, kütle orijinal yüksekliğine ulaşamayacak, çünkü sürtünmeden dolayı biraz enerji ısı enerjisine dönüşecektir. Bu sistem içinde enerjinin muhafaza edildiğini kabul ederek, dönüşlü araçta işleyen sürtünmeli torkun miktarını belirleyebileceksiniz.

Bir kuvvet, etkidiği cisme bir öteleme yaptırabildiği gibi, ona dönme etkisi de verebilir. Ancak bir kapı, pencere veya dolap kapağına uygulanan bir kuvvet ona sadece dönme hareketi yaptırabilir.

DENEYİN YAPILIŞI

1. **BÖLÜM**



2.

3. Şekil 2

1) Şekil 2' de gösterildiği gibi yatay düzlemde dönebilen disk sistemine, m kütlesini, sabit makara ve bir ip aracılığıyla bağlayınız.

2) Serbest bıraktığınız kütleyi, zeminden h_0=10 cm yüksekliğinde olacak şekilde ayarlayınız. Kütlenin takıldığı çengel kulp yaklaşık 10 g olup üzerine 20 g kütle ekleyerek

30 g'a tamamlayınız. Makarayı döndürerek ve ipin en küçük disk üzerine dolanmasını sağlayarak, kütlenin yerden yüksekliğini h_1 = 70 cm' ye ayarlayınız.

3) Şimdi tamamen gerdirilmiş ip ile kütlenin düşmesini sağlayınız. Kütlenin düşmesini sağlarken kronometreyi çalıştırınız. Yani kütlenin, h_1 yüksekliğinden h_0 yüksekliğine düşene kadar geçmesi gereken t zamanını ölçünüz. h_1'i sabit tutarak ölçülerinizi en az üç kez tekrar ederek ortalama zamanı bulunuz.

4) Kütleyi 50 g ve 70 g'a çıkararak deneyinizi tekrarlayıp ortalama zamanlarını not ediniz.

VERİLERİN ANALİZİ

a) Her deneme için, düşen kütle tarafından kaybedilen yerçekimi potansiyel enerjiyi $\Delta GPE(mg\Delta h) = mg(h_1 - h_0)$ 'i hesaplayınız.

b) Dönen disk tarafından kazanılan dönme kinetik enerjiyi ve $\Delta RKE(\frac{1}{2}I\omega^2)$ çizgisel kinetik enerjiyi 'yi $\Delta K = \frac{1}{2}mv^2$ hesaplayınız (**Disk için I değeri: 7,75x10^{-3} kg.m^2**).

Açısal hız ifadesi, $\alpha = \dfrac{mgr}{I + mr^2}$, $\alpha = \dfrac{d\omega}{dt}$, $\omega = \int \alpha t = \alpha t$ dir.

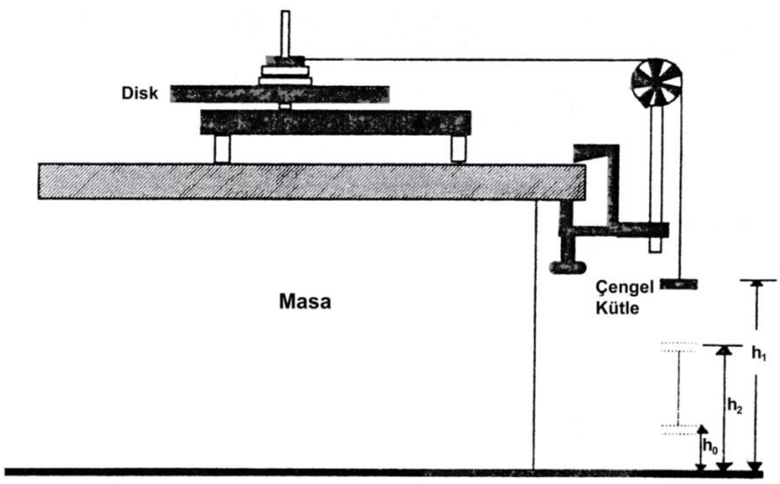
c) Ölçtüğünüz tüm kütleler için Enerjinin korunumunu gösteriniz. Ölçüm ve hesaplamalarınızı Çizelge 1'e yazınız.

Çizelge 1

Ölçüm Sayısı	m (g)	R (cm)	h_0 (cm)	h_1 (cm)	t (s)	t_{ort} (s)	ΔPE (J)	α (rad/s^2)	ω (rad/s)	v (m/s)	ΔKE (J)	ΔRKE (J)	ΔKE+ΔRKE (J)
1	30												
2													
3													
1	50												
2													
3													
1	70												
2													
3													

2. BÖLÜM

1) Şekil 3'deki gibi düzeneği kurunuz.



Şekil 3

2) Serbest bıraktığınız kütleyi, zeminden h_0 = 10 cm yüksekliğinde olacak şekilde ayarlayınız. Kütlenin takıldığı çengel kulp yaklaşık 10 g olup üzerine 20 g kütle ekleyerek 30 g'a tamamlayınız. Makarayı döndürerek ve ipin en küçük disk üzerine dolanmasını sağlayarak, kütlenin yerden yüksekliğini h_1 = 70 cm' ye ayarlayınız.

3) Şimdi tamamen gerdirilmiş ip ile kütlenin düşmesini sağlayınız. Kütle en düşük nokta h_0'a ulaşır daha sonra tekrar yükselir. Kütlenin yükselebildiği en büyük yüksekliği h_2'yi kaydediniz. Aynı h_1'den başlayarak ve h_2 değerini kaydederek ölçümlerinizi üç kez tekrarlayınız ve h_{2ort} değerini hesaplayınız.

4) Aynı ölçümleri 50 g ve 70 g için tekrarlayınız.

VERİLERİN ANALİZİ

a) Her deneme için h_1'den h_2'ye düşen kütle tarafından kaybedilen yerçekimi potansiyel enerji değerlerini hesaplayınız: $\Delta GPE = mg(h_{2ort.} - h_1)$

b) Kütlenin hareket ettiği toplam uzaklığı belirleyiniz.

$$d = \left((h_1 - h_0) - (h_{2ort} - h_0)\right) = h_1 + h_{2ort} - 2h_0$$

Bu değerden ve sabit makara milinin yarıçapında, diskin hareket ettiği, parçası olduğu dairenin yarıçap uzunluğuna eşit yaylarda, açısal mesafeyi belirleyiniz.

$$\theta = \frac{d}{r}$$

d) Sürtünmeli torkun büyüklüğünü, $\tau_f \theta = \Delta GPE$ ilişkisini kullanarak tüm ölçümleriniz için hesaplayınız. Ölçüm ve hesaplamalarınızı Çizelge 2' ye yazınız.

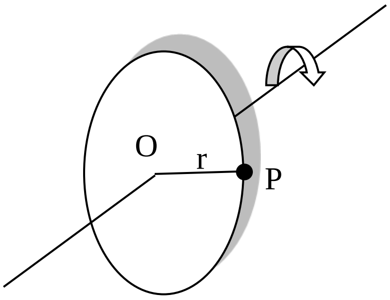
Çizelge 2

Ölçüm Sayısı	m (g)	R (cm)	h_0 (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	h_{2ort} (cm)	ΔGPE (J)	d (cm)	θ (rad)	τ_f (N.m)
1	30									
2										
3										
1	50									
2										
3										
1	70									
2										
3										

SORULAR

1. Bir çocuk, atlıkarıncaya, düşey dönme ekseninden 2.1 m uzaklıktaki bir noktada binmektedir. Belirli bir anda tepeden bakıldığında, atlıkarınca saat yönünün tersinde 0,42 rad/s'lik açısal hızla dönmekte olup bu hız α=0,14 rad/s^2 ivmesi ile yavaşlamaktadır. Çocuk için; a) v_t b) a_t c) a_r d) a'yı belirleyin. Yatayı xy düzlemi, z'yi dönme ekseni doğrultusunda ve yukarı yönü +z olarak alın.

2. 64^o'lik bir açıyı; a) Radyana b) Devire çevirin.



3. Şekildeki disk, merkezinden geçen bir eksen çevresinde α=2 rad/s^2 lik sabit bir açısal ivmeyle dönmeye başlıyor. Diskin yarıçapı r=0,5 m olduğuna göre, 4 s sonra diskin P noktasının,

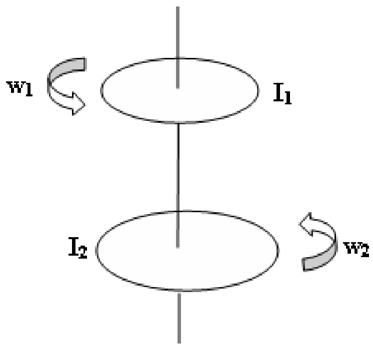
a) Açısal yer değiştirmesini (θ), b) Teğetsel hızını (v),

c) Teğetsel ivmesini (a_{tan}), d) Merkezcil ivmesini (a_{mer}),

e) Diskin ulaştığı açısal hızı bulunuz (ω).

4. Bir ses kasetinde ses bandı alıcı kafanın önünden hep aynı değişmez v hızıyla geçer. Bu durum, kafanın yanındaki bir sistem ile sağlanır. Buna göre ses bandının sarılı olduğu makaranın doluyken açısal hızı ω_1 ile boşken ki açısal hızı ω_2 arasında nasıl bir bağıntı bulunur? (Makaranın doluyken yarıçapı r_1, boşken r_2 alınız).

5. Yatay bir mil üzerinde ω_1 = 100 rad/s açısal hızıyla dönen bir disk, dikey bir eksen çevresinde ω_2 = 30 rad/s hızıyla dönen bir çizelgeye oturtulmuştur. Dışarıdan bakan bir gözlemciye göre diskin dönüşü nasıl görülür?



6. Eylemsizlik momenti ihmal edilebilir bir şaft üzerinde bir tekerlek 800 devir/dak açısal hız ile dönüyor. Başlangıçta hareketsiz olan ve eylemsizlik momenti birincisinin iki katı olan ikinci bir tekerlek aynı şafta bağlanmaktadır.

a) İki tekerlek ve şaftan oluşan sistemin açısal hızı nedir?

b) Sistemde oluşan dönme kinetik enerjisindeki değişimleri saptayınız.

Teorik Bilgi (20)	Deneyin Ypl. (10)	Veri Analizi (30)	Sonuç-Yorum (20)	Sorulara Cvp (20)	Toplam

Adı – Soyadı:
Öğrenci No:
Bölümü: İ.Ö. ( )
Grup No:
Deney No: 1-A
Deneyin Adı: Doğrusal Bir Yol Boyunca ve Eğik Düzlemde Hareket
Laboratuvar Sorumlusu:

VERİLER

1. BÖLÜM: Düzgün Doğrusal Hareketin İncelenmesi

Çizelge 1

x(cm) / *t (s)*	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
t_1										
t_2										
t_3										
t_4										
t_5										
t_6										
t_{ort}										

2. BÖLÜM: Eğik Düzlemde Hareketin İncelenmesi

Çizelge 2

x(cm) / *t(s)*	20	40	60	80	100
t_1					
t_2					
t_3					
t_4					
t_5					
t_6					
t_{ort}					

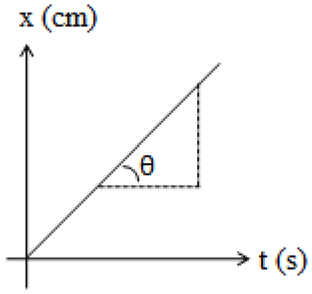
Tarih **Sorumlu Asistan İmza**

VERİ ANALİZİ

1. BÖLÜM: Düzgün Doğrusal Hareketin İncelenmesi

1. Süre değerlerinizin aritmetik ortalama değerini bulunuz.

2. Elde edilen t_{ort} değerlerini kullanarak x - t_{ort} grafiğini çiziniz. Grafiğin eğim değerini kullanarak cismin hızını belirleyiniz.



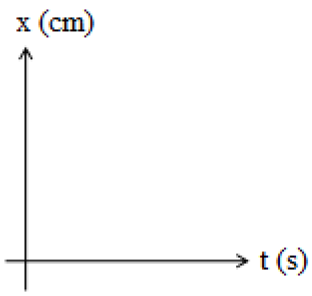
$$tan\theta = \frac{x}{t} = v = ?$$

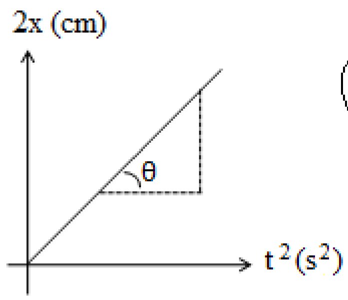
2. BÖLÜM: Eğik Düzlemde Hareketin İncelenmesi

1. Süre değerlerinizin aritmetik ortalama değerini bulunuz.

2. Elde edilen t_{ort} değerlerini kullanarak x - t_{ort} ve $2x$ - t_{ort}^2 grafiğini çiziniz ve sistem için ivme ve yerçekimi ivmesi değerlerini belirleyiniz.

3. Bulduğunuz yerçekimi ivmesi ile teorik değerini **(g=980 cm/s²)** karşılaştırınız (% hata).

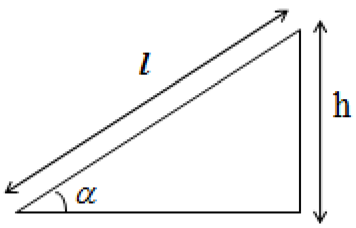




$$tan\theta = \frac{2x}{t^2} = a = ?$$

$$a = gsin\alpha$$

$$g_{deneysel} = ?$$



$$sin\alpha = \frac{h}{l}$$

NOT: $x = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow v_0 = 0$

$x = \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow a = \frac{2x}{t^2}$

Teorik Bilgi (20)	Deneyin Ypl. (10)	Veri Analizi (30)	Sonuç-Yorum (20)	Sorulara Cvp (20)	Toplam

Adı – Soyadı:
Öğrenci No:
Bölümü: İ.Ö. (   )
Grup No:
Deney No: 2–A
Deneyin Adı: Basit ve Fiziksel Sarkacın İncelenmesi
Laboratuvar Sorumlusu:

VERİLER

I. Bölüm: Basit Sarkaç

(5salınım için geçen süre)

	l (cm)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_{ort} (s)	$T=t_{ort}/5$ (s)
1. ilmek						
2. ilmek						
3. ilmek						
4. ilmek						
5. ilmek						

II. Bölüm: Fiziksel Sarkaç

KM

o o o o o o o o o **O** o o o o o o o o o

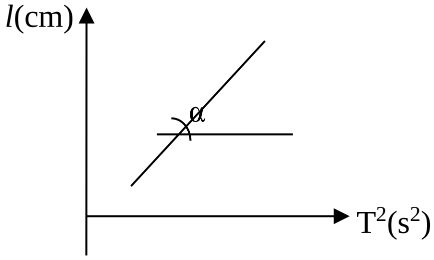
	h (cm)	T (s)	T=t/3 (s)	h (cm)	t (s)	T=t/3 (s)
1.delik	5			5		
2.delik	10			10		
3.delik	15			15		
4.delik	20			20		
5.delik	25			25		
6.delik	30			30		
7.delik	35			35		
8.delik	40			40		
9.delik	45			45		

Tarih **Sorumlu Asistan İmza**

VERİ ANALİZİ

I. Bölüm Basit Sarkaç $\qquad T = 2\pi\sqrt{\dfrac{l}{g}} \longrightarrow g = 4\pi^2 \dfrac{l}{T^2}$

1. l-T^2 grafiğini çiziniz ve eğimini bulunuz.



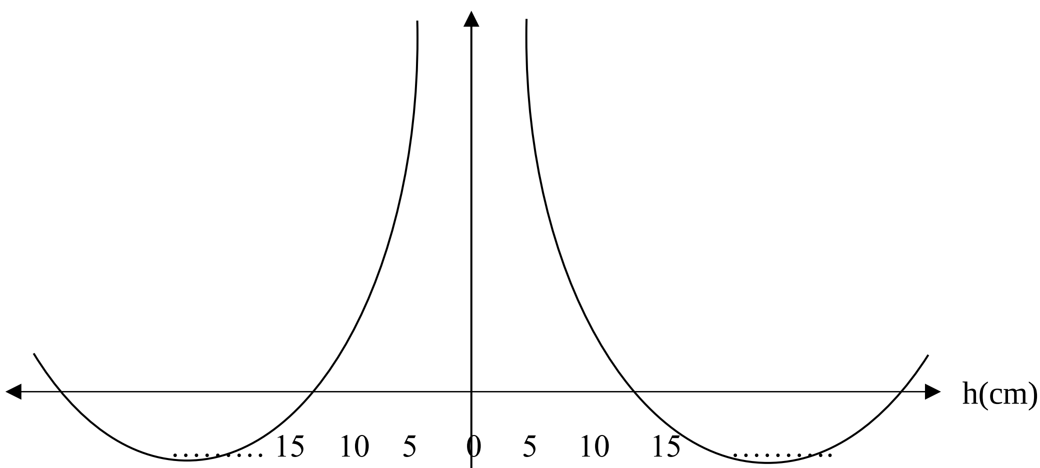
tgα=l/T^2

2. Yer çekimi ivmesi g’ nin deneysel değerini bulunuz. $g_{deneysel} = 4\pi^2$ tgα

3. $g_{deneysel}$ ve g_{teorik}=980 cm/s^2 için % hata hesabı yapınız.

II. Bölüm Fiziksel Sarkaç

1. T-h grafiğini çiziniz.



2. Grafik yardımıyla aşağıda istenen verileri bulunuz.

T , $\quad |AA'| = L_1$, $|BB'| = L_2$, $\quad L_e = (L_1 + L_2)/2$

3. Yer çekimi ivmesi g’ nin deneysel değerini bulunuz. $g_{deneysel} = 4\pi^2 \dfrac{L_e}{T^2}$

4. $g_{deneysel}$ ve g_{teorik}=980cm/s^2 için % hata hesabı yapınız.

Teorik Bilgi (20)	Deneyin Ypl. (10)	Veri Analizi (30)	Sonuç-Yorum (20)	Sorulara Cvp (20)	Toplam

Adı – Soyadı:
Öğrenci No:
Bölümü: İ.Ö. ( )
Grup No:
Deney No: 3–A
Deneyin Adı: Serbest Düşme ve Eğik Atış
Laboratuvar Sorumlusu:

VERİLER

Çizelge 1

y(cm) \ t(s)	10	15	20	25	30	35	40
t_1							
t_2							
t_3							
t_4							
t_5							
t_{ort}							

Çizelge 2

y(cm) \ t(s)	15	20	25	30	35	40
t_1						
t_2						
t_3						
t_4						
t_5						
t_{ort}						

Çizelge 3.A (θ=0°)

Ölçüm no	t_1 (s)	t_2 (s)	Menzil, x (cm)
1			
2			
3			
4			
5			
Ortalama			

Çizelge 3.B (θ=…..)

Ölçüm no	t_1 (s)	t_2 (s)	Menzil, x (cm)
1			
2			
3			
4			
5			
Ortalama			

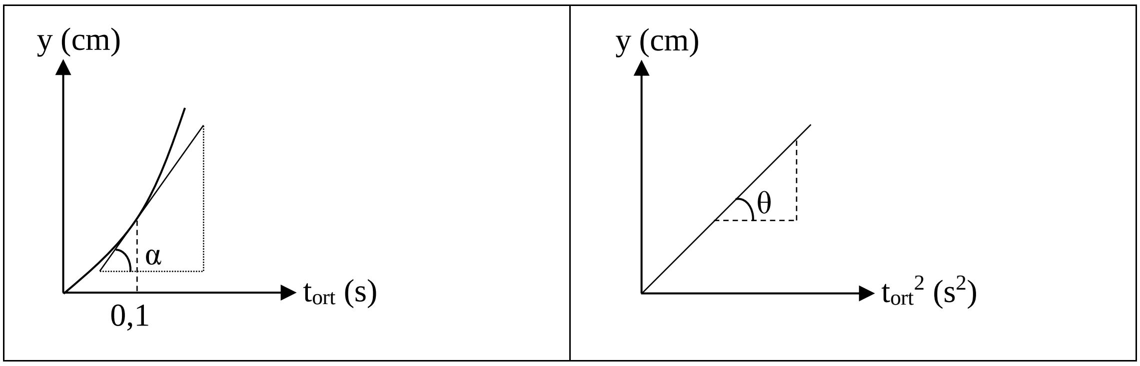
Tarih **Sorumlu Asistan İmza**

VERİ ANALİZİ

I. Bölüm

1. y–t_{ort} ve y–t_{ort}^2 grafiklerini çizerek yer çekimi ivmesinin deneysel değerini bulunuz. $g_{den}=2\tan\theta$.

2. $g_{teo}=980$ cm/s^2 ile % hata hesabı yapınız.



II. Bölüm

1. Bilyenin birinci fotogeyt hizasındaki hızını hesaplayınız (h=5 cm): $v_0 = \sqrt{2gh}$

2. Bilyenin t = 0,15 s sonraki hızını hesaplayınız: $v_{teo} = v_0 + gt$

3. y–t_{ort} grafiğinde, t = 0,15 s noktasında, eğrinin teğetini çiziniz. Teğetin eğiminden, t = 0,15 s anında bilyenin sahip olduğu hızı ($v_{den}=\tan\alpha$) bularak v_{teo} ile karşılaştırınız (% hata hesabı yapınız).

III. Bölüm–A

1. Topun ilk hızını belirleyiniz: $v_0 = R/t_{1_{ort}}$

2. Topun havada kalma süresini (t_2) teorik olarak belirleyiniz: $h = \frac{1}{2}gt_{2_{teo}}^2$

3. Topun havada kalma süresinin deneysel değeri ($t_{2den}=t_{2ort}$) ile % hata hesabı yapınız.

4. Menzili teorik olarak hesaplayınız: $x_{teo} = v_o t_{2_{teo}}$

5. Menzili deneysel olarak belirleyerek % hata hesabı yapınız: $x_{den} = x_{ort}$

III. Bölüm–B

1. Topun ilk hızını ve bileşenlerini belirleyiniz:

$$v_0 = R/t_{1_{ort}},\ v_{0x} = v_0 \cos\theta,\ v_{0y} = v_0 \sin\theta$$

2. Topun havada kalma süresini (t_2) teorik olarak belirleyiniz: $-h = v_{0y}t_{2_{teo}} - \frac{1}{2}gt_{2_{teo}}^2$

3. Topun havada kalma süresinin deneysel değeri ($t_{2den}=t_{2ort}$) ile % hata hesabı yapınız.

4. Menzili teorik olarak hesaplayınız: $x_{teo} = v_{ox}t_{2_{teo}}$

5. Menzili deneysel olarak belirleyerek % hata hesabı yapınız: $x_{den} = x_{ort}$

Teorik Bilgi (20)	Deneyin Ypl. (10)	Veri Analizi (30)	Sonuç-Yorum (20)	Sorulara Cvp (20)	Toplam

Adı – Soyadı:
Öğrenci No:
Bölümü: İ.Ö. ( )
Grup No:
Deney No: 4
Deneyin Adı: İvmeli Sistemlerin Hareketi
Laboratuvar Sorumlusu:

VERİLER

1. Bölüm						**2. Bölüm**					
m_k=……….. (g)						m_a=……….. (g)					
ÖLÇÜM	m_a (g)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_{ort} (s)	ÖLÇÜM	m_k (g)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_{ort} (s)
1	20					1	210				
2	40					2	220				
3	60					3	230				
4	80					4	240				
5	100					5	250				

3.Bölüm

A.

Hareketi başlatan kütle:

B.

m_s=……….. (g)					
ÖLÇÜM	m_a (g)	t_1 (s)	t_2 (s)	t_3 (s)	t_{ort} (s)
1					
2					
3					

<u>Tarih</u> **<u>Sorumlu Asistan İmza</u>**

VERİ ANALİZİ

1. ve 2. Bölüm

Sistemin deneysel ivmesini,

$$x = \frac{1}{2} a_{den} t_{ort}^2 \Rightarrow a_{den} = \frac{2x}{t_{ort}^2}$$

teorik ivmesini ise,

$$a_{teo} = \frac{m_a\, g}{m_a + m_k}$$

formüllerini kullanarak hesaplayınız (g yerçekimi ivmesidir). Deneysel ve teorik ivmeler arasındaki % farkı bulunuz.

3. Bölüm

Öncelikle statik sürtünme katsayısı, μ_s

$$\left|\vec{F}_{net}\right| = m_a \left|\vec{g}\right| = \mu_s m_k \left|\vec{g}\right| \Rightarrow \mu_s = \frac{m_a}{m_k}$$

eşitliği kullanılarak bulunur.

μ_k kinetik sürtünme katsayısını ise,

$$\vec{F}_{net} = (m_a - \mu_k m_k)\vec{g} = (m_a + m_k)\vec{a}_{den}$$

eşitliğini kullanarak üç tane değer bulup ortalamasını alınız. Kinetik sürtünme katsayısı ile statik sürtünme katsayısı arasındaki ilişki hakkında yorum yapınız.

Teorik Bilgi (20)	Deneyin Ypl. (10)	Veri Analizi (30)	Sonuç-Yorum (20)	Sorulara Cvp (20)	Toplam

Adı – Soyadı:
Öğrenci No:
Bölümü: İ.Ö. ( )
Grup No:
Deney No: 5–A
Deneyin Adı: Merkezcil Kuvvet
Laboratuvar Sorumlusu:

VERİLER

I. Bölüm

Çizelge 1

m_1 (g)	m_2 (g)	R (cm)	T (s)	v (m/s)	ω (rad/s)
50	30				
50	30				
50	30				

II. Bölüm

Çizelge 2

m_1 (g)	m_2 (g)	R (cm)	T (s)	v (m/s)	ω (rad/s)
100	50	10			
100	70	10			
100	100	10			

III. Bölüm

Çizelge 3

m_1 (g)	m_2 (g)	R (cm)	T (s)	v (m/s)	ω (rad/s)
100	50	10			
150	50	10			
200	50	10			

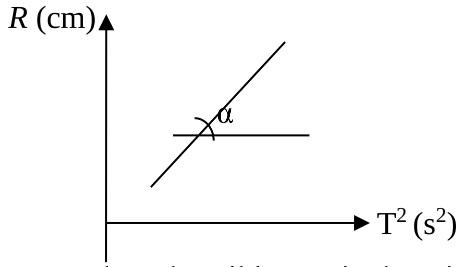
Tarih **Sorumlu Asistan İmza**

Teorik Bilgi (20)	Deneyin Ypl. (10)	Veri Analizi (30)	Sonuç-Yorum (20)	Sorulara Cvp (20)	Toplam

VERİ ANALİZİ

I. Bölüm

1. R-T^2 grafiğini çiziniz ve eğimini bulunuz.



tan $\alpha = R/T^2$

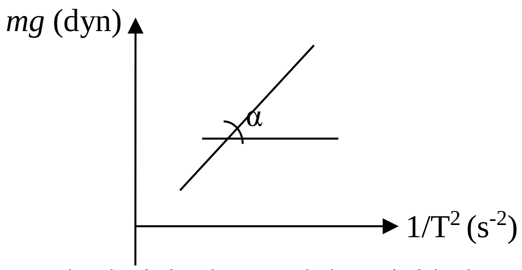
2. Deneysel merkezcil kuvvetin değerini bulunuz: $F_{den} = (4\pi^2 m_1)\tan\alpha$

3. Teorik merkezcil kuvvetin değerini bulunuz: $F_{teo} = m_2 g$

4. % hata hesabını yapınız.

II. Bölüm

1. mg-$1/T^2$ grafiğini çiziniz ve eğimini bulunuz.



tan $\alpha = mgT^2$

2. m_1 kütlesinin deneysel değerini bulunuz: $m_{1_{den}} = \tan\alpha\,/4\pi^2 R$

3. m_1 kütlesinin teorik değeri (100 g) ile % hata hesabını yapınız.

III. Bölüm

1. Deneysel merkezcil kuvvetin değerini her bir m_1 kütle değeri için bulunuz: $F_{den} = \dfrac{(4\pi^2 m_1 R)}{T^2}$

2. Teorik merkezcil kuvvetin değerini bulunuz: $F_{teo} = m_2 g$

3. % hata hesabını yapınız.

Teorik Bilgi (20)	Deneyin Ypl. (10)	Veri Analizi (30)	Sonuç-Yorum (20)	Sorulara Cvp (20)	Toplam

Adı – Soyadı:
Öğrenci No:
Bölümü: İ.Ö. ( )
Grup No:
Deney No: 6
Deneyin Adı: Durağan Dalgalar
Laboratuvar Sorumlusu:

VERİLER

I. Bölüm

Çizelge 1 (L = ………. cm, μ=…………g/cm^2**)**

Yarım dalga sayısı	Kütle m (g)	Dalga boyu λ (cm)	Dalga boyunun karesi λ^2 (cm^2)	İpteki gerilme T=mg (dyn)
7				
6				
5				
4				
3				

II. Bölüm

Çizelge 2 (T = mg =………. dyn **)**

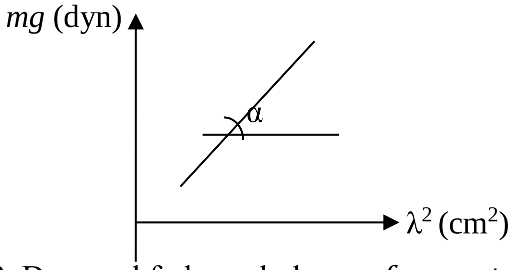
Yarım dalga sayısı	L (cm)	Dalga boyu λ (cm)	Dalga boyunun karesi λ^2 (cm^2)
7			
6			
5			
4			
3			

<u>Tarih</u> **<u>Sorumlu Asistan İmza</u>**

VERİ ANALİZİ

I. Bölüm

1. mg–λ^2 grafiğini çiziniz ve eğimini bulunuz (g=980 cm/s^2).



$\tan \alpha = mg/\lambda^2$

2. Deneysel frekansı bulunuz: $f_{den1} = \tan\alpha / \mu$

3. Teorik frekans değeri (50 Hz) ile % hata hesabı yapınız.

II. Bölüm

1. Çizelge 2 deki her bir değer için frekansı hesaplayınız: $f = \frac{1}{\lambda}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$

2. Bulduğunuz frekansların aritmetik ortalamasını alarak ikinci bölüm için frekansın deneysel değerini elde ediniz: $f_{den2} = \frac{f_1 + f_2 + \cdots + f_5}{5}$

3. f_{den1} değeri ile % hata hesabı yapınız.

4. f_{teorik} değeri ile % hata hesabı yapınız.

Teorik Bilgi (20)	Deneyin Ypl. (10)	Veri Analizi (30)	Sonuç-Yorum (20)	Sorulara Cvp (20)	Toplam

Adı – Soyadı:
Öğrenci No:
Bölümü: İ.Ö. ( )
Grup No:
Deney No: 7
Deneyin Adı: Merkezi Çarpışmalar ve Çizgisel Momentumun Korunumu
Laboratuvar Sorumlusu:

VERİLER

A. Esnek Çarpışma

Çarpışmadan Önce			**Çarpışmadan Sonra**		
x_A (cm)	**x_B (cm)**	**t (s)**	**$x_{A'}$ (cm)**	**$x_{B'}$ (cm)**	**t (s)**
θ_1= θ_2=			$\theta_{1'}$= $\theta_{2'}$=		

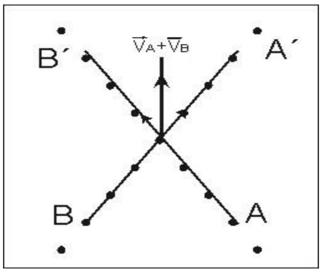
B. Esnek Olmayan Çarpışma

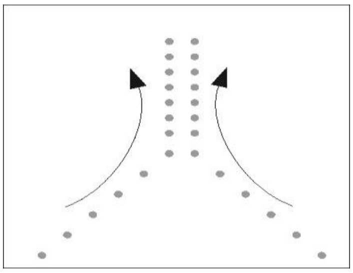
Çarpışmadan Önce			**Çarpışmadan Sonra**	
x_A (cm)	**x_B (cm)**	**t (s)**	**x_{ortak} (cm)**	**t (s)**
θ_1= θ_2=			θ'=	

Tarih **Sorumlu Asistan İmza**

VERİ ANALİZİ

1. Frekansı f=20 Hz olarak ayarlayınız.





2. Esnek çarpışma kısmında çarpışmadan önce her bir disk için noktalar arası mesafeleri cetvelle ölçerek alınan yolu (x) veri kağıdına kaydediniz.
3. t=n/f formülünü kullanarak süreyi hesaplayınız.(n=aralık sayısı)
4. x=vt formülü ile her bir diskin çarpışmadan önceki ve sonraki hızlarını hesaplayınız.
5. Her bir hızın x ve y bileşenlerini hesaplayınız.
6. Esnek çarpışma için x ve y yönünde momentumun korunduğunu doğrulayınız.
7. Kinetik enerjinin korunduğunu doğrulayınız.
8. Aynı işlemleri esnek olmayan çarpışma için yaparak x ve y yönünde momentumun korunduğunu doğrulayınız.
9. Kinetik enerjinin korunup korunmadığını tartışarak maddesel kaybı hesaplayınız. Maddesel kayıp = $\frac{K-K'}{K}$

Teorik Bilgi (20)	Deneyin Ypl. (10)	Veri Analizi (30)	Sonuç-Yorum (20)	Sorulara Cvp (20)	Toplam

Adı – Soyadı:
Öğrenci No:
Bölümü: İ.Ö. ( )
Grup No:
Deney No: 8
Deneyin Adı: Açısal Momentumun Korunumu
Laboratuvar Sorumlusu:

VERİLER

1.Bölüm

t(s)	Okunan Bar Sayısı (β)															
	Alüminyum Disk (R=6,3 cm)								Çelik Disk (R=6,3 cm)							
	(r=1,3 cm)				(r=2,5 cm)				(r=1,3 cm)				(r=2,5 cm)			
	β_1	β_2	β_3	β_{ort}	β_1	β_2	β_3	β_{ort}	β_1	β_2	β_3	β_{ort}	β_1	β_2	β_3	β_{ort}
1																
3																
5																
7																
9																

2. Bölüm

Üst Disk Alüminyum (R=6,3 cm)		Üst Disk Çelik (R=6,3 cm)	
β_i	β_s	β_i	β_s

<u>Tarih</u> **<u>Sorumlu Asistan İmza</u>**

VERİ ANALİZİ

1. Bölüm

1. $w = \frac{\pi}{100}\beta_{ort}$ formülü yardımıyla bulduğunuz w açısal hız değerlerini kullanarak açısal hız-zaman (ω–t) grafiğini çiziniz. ($\pi = 180$). Bu grafiğin eğimi bize "α" açısal ivmesini verecektir.(4 adet grafik)

2. $\tau = (mg)r$ denkleminden tork değeri elde edilir. r: makaranın yarıçapı, . (4 adet tork değeri)

3. Yukarıda bulduğunuz tork değerini ve grafiğin eğiminden bulduğunuz açısal ivme "α" değerini kullanarak "I" dönme eylemsizlik momentinin deneysel değerini $\tau = I\alpha$ formülünden bulunuz.

$I_{deneysel} = \frac{\tau}{\alpha}$

$I_{teorik} = \frac{1}{2}MR^2$ R=6.3 cm, $M_{alüminyum}$=470 g, $M_{çelik}$=1.35 kg

4. $I_{deneysel}$ ile I_{teorik} için % hata hesabı (4 adet) yapınız.

2. Bölüm

1. Açısal hız; $\omega = \frac{\pi}{100}\beta$ ve disk için eylemsizlik momenti; $I = \frac{1}{2}MR^2$dir. Açısal momentumun değeri $L = I\omega$ şeklinde elde edilir. İlk ve son açısal momentumu karşılaştırarak açısal momentumun korunup korunmadığını gösteriniz.

Not: Üst diskin ilk açısal momentumu hesaplanırken kullanılan eylemsizlik momentindeki "M" üst diskin tek başına ağırlığıdır. Fakat son açısal momentum hesaplanırken alt ve üst disk beraber döndüğü için kullanılan eylemsizlik momentindeki "M" alt ve üst diskin toplam kütlesi olarak alınmalıdır.

Teorik Bilgi (20)	Deneyin Ypl. (10)	Veri Analizi (30)	Sonuç-Yorum (20)	Sorulara Cvp (20)	Toplam

Adı – Soyadı:
Öğrenci No:
Bölümü: İ.Ö. ( )
Grup No:
Deney No: 9
Deneyin Adı: Sarmal Bir Yayda, Potansiyel Enerji Değişiminin ve Harmonik Hareketin İncelenmesi
Laboratuvar Sorumlusu:

VERİLER

1. Yay Sabitinin Bulunması

Yay sabitleri farklı olan üç yayda her bir kütle değeri için uzama miktarlarını (x değerlerini) kaydediniz.

		1. yay	2. yay	3. yay
m (g)	F=mg (dyn)	x (cm)	x (cm)	x (cm)
m_1= g				
m_2= g				
m_3= g				
m_4= g				
m_5= g				

2. Periyot Bağıntısının Bulunması ve Yorumlanması

a) Üçüncü yay için farklı kütlelerde (Yay sabit, kütle değişken durumda) yayın 10 tam salınım yapması için geçen süreyi kaydediniz.

m (g)	10 salınım için geçen süre t (s)	T = t/10 (s)
m_1= g		
m_2= g		
m_3= g		
m_4= g		
m_5= g		

b) Her bir yaya 200 g'lık kütleyi asarak (kütle sabit yay değişken durum için) yayın 10 tam salınım yapması için geçen süreyi kaydediniz.

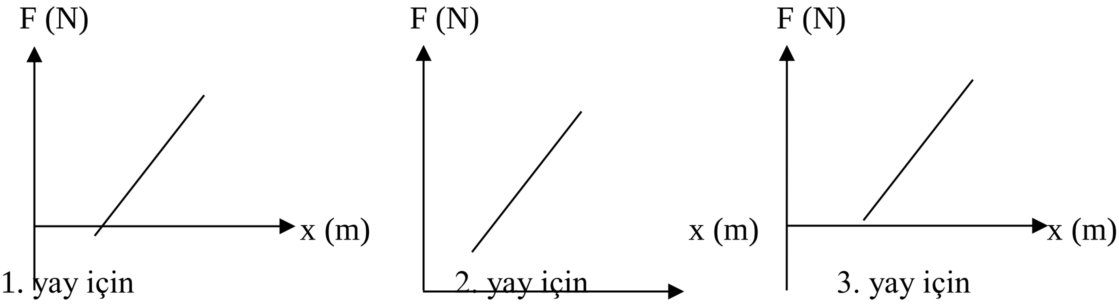
k (dyn/cm)	10 salınım için geçen süre t(s)	T = t/10 (s)
k_1		
k_2		
k_3		

Tarih **Sorumlu Asistan İmza**

VERİ ANALİZİ

1. Bölüm

$T = 2\pi \frac{\sqrt{m}}{\sqrt{k}}$ eşitliğinde her iki tarafın karesini alıp, k yay sabitini elde ettiğimiz zaman, $k = 4\pi^2 \frac{m}{T^2}$ ifadesine ulaşırız. Bu bağıntıdan her bir farklı yay için, m'ye karşı T^2 grafiği çizilerek grafiğin eğiminden m/T^2'yi elde ederiz. Denklemde, bulduğumuz eğimi yerine yazdığımızda k_1, k_2 ve k_3 yay sabitlerini elde etmiş oluruz.



1. yay için 2. yay için 3. yay için

tanα= eğim

k_1=? k_2=? k_3=?

2. Bölüm

a) $\sqrt{m}$ 'ye karşı T grafiği çizip yorumlayınız.

b) $\sqrt{k}$ 'ye karşı T grafiği çizip yorumlayınız.

Teorik Bilgi (20)	Deneyin Ypl. (10)	Veri Analizi (30)	Sonuç-Yorum (20)	Sorulara Cvp (20)	Toplam

Adı – Soyadı:
Öğrenci No:
Bölümü: İ.Ö. ( )
Grup No:
Deney No: 10
Deneyin Adı: Enerjinin Korunumu ve Sürtünmeli Tork
Laboratuvar Sorumlusu:

VERİLER

1.Bölüm

Çizelge 1.

Ölçüm Sayısı	m (g)	R (cm)	h_0 (cm)	h_1 (cm)	t (s)	t_{ort} (s)
1	30					
2						
3						
1	50					
2						
3						
1	70					
2						
3						

Çizelge 2.

Ölçüm Sayısı	m (g)	R (cm)	h_0 (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	h_{2ort} (cm)
1	30					
2						
3						
1	50					
2						
3						
1	70					
2						
3						

Tarih **Sorumlu Asistan İmza**

VERİ ANALİZİ

1. Bölüm

a) Her deneme için, düşen kütle tarafından kaybedilen yerçekimi potansiyel enerjiyi $\Delta GPE(mg\Delta h) = mg(h_1 - h_0)$ 'i hesaplayınız.

b) Dönen disk tarafından kazanılan dönme kinetik enerjiyi, $\Delta RKE(\frac{1}{2}I\omega^2)$ ve çizgisel kinetik enerjiyi, $\Delta K = \frac{1}{2}mv^2$ 'yi hesaplayınız. (Disk için I değeri 7.75x10^{-3} kg.m^2).

Açısal hız ifadesi, $\alpha = \frac{mgr}{I + mr^2}$, $\alpha = \frac{d\omega}{dt}$, $\omega = \int \alpha t = \alpha t$ dir.

c) Ölçtüğünüz tüm kütleler için enerjinin korunumunu gösteriniz: $\Delta GPE = \Delta K + \Delta RKE$

2.Bölüm

a) Her deneme için h_1'den h_2'ye düşen kütle tarafından kaybedilen yerçekimi potansiyel enerji değerlerini hesaplayınız.

$\Delta GPE = mg(h_{2ort.} - h_1)$

b) Kütlenin hareket ettiği toplam uzaklığı belirleyiniz.

$d = \left((h_1 - h_0) - (h_{2ort} - h_0)\right) = h_1 + h_{2ort} - 2h_0$

Bu değerden ve sabit makara milinin yarıçapında, diskin hareket ettiği, parçası olduğu dairenin yarıçap uzunluğuna eşit yaylarda, açısal mesafeyi belirleyiniz: $\theta = \frac{d}{r}$

c) Sürtünmeli torkun büyüklüğünü, τ_f, $\tau_f\theta = \Delta GPE$ ilişkisini kullanarak tüm ölçümleriniz için hesaplayınız ve aynı olup olmadıklarını tartışınız.