Fizik I (Uzay Bilimleri ve Teknolojileri) Laboratuvar Föyü

Fizik Bölümü

Akdeniz Üniversitesi

Eylül 2016

LABORATUAR KURALLARI

1) Laboratuvara gelirken mutlaka deney föyü ve hesap makinesi ile gelinmelidir. (Cep telefonu vb. cihazların hesaplamalarda kullanımına izin verilmeyecektir.) Öğrenci laboratuvara gelmeden önce, o gün yapacağı deney ile ilgili temel bilgileri, deney düzeneğini ve deneyin kılavuzunu çalışmış ve anlamış olmalıdır.
2) Laboratuvarda herkes kendi deneyi ile ilgili masalarda bulunmalıdır. Her ne sebeple olursa olsun deneyinin başında olmayan öğrenciler yoklamada yok yazılacaktırlar.
3) Her öğrenci 5 deney yapmak zorundadır.
4) <u>Bir öğrenci sadece 1 deneye katılmayabilir</u>. Bu deney notu sıfır kabul edilir.
5) Geçerli bir mazeretle bir deneye katılmayan bir öğrenci gerekli rapor vb. belgelerle laboratuvar koordinatörüne en kısa zamanda başvurmalıdır. Mazereti kabul edilen öğrencilerin deneyleri son hafta telafi edilecektir.
6) <u>İlk 10 dakikadan sonra gelenler geçerli bir mazereti yoksa deneyde yok sayılır.</u> Deney notu sıfırdır.
7) Her öğrenci her deney için bir rapor hazırlamak zorundadır.
8) <u>Deney Raporunun içeriği, sorumlu olunan deneydeki hesaplamaları varsa grafik ve tablolardan oluşmalı ve her deneyin bir yorum sonuç kısmı olmalıdır.</u>
9) Hazırlanan Deney Raporu, deneyin yapıldığı günden itibaren en geç bir gün sonra laboratuvar sorumlularına teslim edilmelidir. Gününde ve saatinde teslim edilmeyen raporlar geçersiz sayılır.

İsim-Soyadı-İmza

○ Okudum

İÇİNDEKİLER

LABORATUAR KURALLARI 1
HATA ANALİZİ VE GRAFİK ÇİZİMİ 3
ÖLÇÜ ALETLERİ 10
DENEY 1 KUVVETLERİN BİLEŞKELERİNİN BULUNMASI 12
DENEY 2 SERBEST DÜŞME 18
DENEY 3 NEWTON'UN II. YASASI 21
DENEY 4 BASİT HARMONİK HAREKET 22
DENEY 5 BASİT VE TERSİNİR SARKAÇ 26

HATA ANALİZİ VE GRAFİK ÇİZİMİ

1. HATA ANALİZİ

Hatalar:

Bilimsel bir gerçeği göstermek bir yasayı doğrulamak, bir varsayımı kanıtlamak amacıyla yapılan işlemlere deney denir. Bu klasik anlamda bir deney açıklamasıdır ama günümüzde fabrikalarda sanayi kuruluşlarında üniversitelerde yeni araç-gereç veya malzeme geliştirmede deneysel yöntemler her zaman kullanılmaktadır. Yani bir otomobil fabrikasından bir kumaş fabrikasına kadar her nevi üretim için deneyler yapılmaktadır. Bu yapılan deneylerin her zaman iyi bir hassasiyetle yapılması mümkün değildir. Yapılsa dahi bu deneylerin, çevresel etkenler, insan faktörü gibi çok çeşitli nedenlerden dolayı bir deneysel hata mutlaka olacaktır ve deneyi etkileyecektir. Deneysel hata ile ölçümler sırasında ortadan kaldırılamayan belirsizlikler kast edilir. Deneysel hatalar günlük yaşamda yapılan yanlışlıklarda olduğu gibi daha dikkatli yapılarak ortadan kaldırılamazlar. Bunun için daha hassas ölçüm cihazları kullanılarak veya ölçüm sayıları arttırılarak deneysel hata en aza indirgenmeye çalışılır. Buna rağmen deneysel hata hiçbir zaman sıfırlanamaz. Bundan dolayı deneysel sonuçlar mutlaka deneysel hatalar göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir.

Yapılan bir ölçümde ölçümün hassasiyetinin önemi nereden gelir? Günlük yaşamda evlerde, işyerlerinde veya kişisel olarak kullandığımız tüm cihazlar (cep telefonundan, otomobile), tükettiğimiz ürünler (yiyecekler, içecekler, giysiler) belirli standartlar çerçevesinde üretilmiş olup, bu ürünlerin zorunlu olarak sağlaması gereken standart uyumlulukları sürekli test edilerek kontrol altında tutulurlar. Tüm bu süreçler özünde birer ölçüm olayıdır. Ölçüm ancak doğru yapıldığında anlamlıdır. Ancak bu doğruluğun bir sınırı vardır ve bu sınır bilimsel olarak ele alındığında zorlanabilir ve doğru hata analizi ile azaltılabilir.

Bir laboratuarda karşılaşılan hatalar genellikle dalgınlıkla yapılan hatalar, sebebi olan hatalar, sistematik hatalar ve istatistiksel hatalardan oluşur. Bir ölçümün hassasiyeti istatistiksel hatanın büyüklüğüne bağlıdır. Diğer taraftan, ölçümün doğruluk derecesine her çeşit hatanın katkısı vardır.

Dalgınlıktan dolayı hatalar:

Bu basit fakat bir deneyde olmaması gereken bir hatadır. Genellikle ölçümün tekrarı ile düzeltilebilir. Kütlesi 69.4 gram olan bir cismin kütlesini 96.4 gram olarak kaydetmek veya 4/(1/4) = 1 olarak hesaplamak gibi hatalar bunlardandır.

Sebebi açıklanabilir hatalar:

Bu tür hatalar ölçümü yapılacak büyüklüğün tarifinde açıklık olmadığı hallerde meydana gelir. Örneğin, kendi boyunu ölçmek istiyorsun. Ayakkabı ile mi ayakkabısız olarak mı ölçeceksin? Saçın kabarık olduğu halde mi ölçmek lazım yoksa kabartarak 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 şartları belirtilmesi gerekir. Havanın sıcaklığı, hava şartları nerede yapıldığı gibi şartlar belirtilmesi gerekir.

Sistematik hatalar:

Bu hatalar ölçümde kullanılan sistemden veya aletten ileri gelir. Hatalı ayarlanmış bir alet veya baskül gibi sıfırlanmamış ibreli bir ölçüm aleti, uçları yıpranmış bir çubuk metre sürekli hata verir. Ağırlığımızı ölçtüğümüz evdeki baskül bize hep moral verdiği halde bir eczanedeki baskül "istediğin kiloya gelmen için daha epey yolun var!" diyebilir. Ancak bu hatalar hep bir yönde olur. Alet, ya hep daha büyük ölçer veya hep küçük ölçer. Dolayısıyla bu tür hatalar, ölçümün aynı alet ile tekrar ederek düzeltilemez.

İstatistiksel hatalar:

Bu hata bir büyüklüğün ölçümündeki sapmalardan ileri gelir. Bu ölçüm aletinin çalışma şeklinden veya kullanıcının algılayışından ileri gelebilir. Bu tür hatalar yukarıdakilerden açıkça farklıdır. Bunlar ölçüm işlemin içinde gizlidir. Bir cetvelle bir uzunluğun ölçümünde 1 mm'lik hata pek önlenemez. Veya bir verniye kullanarak bir tenis topunun çapını her birimiz farklı değerde buluruz. Ölçüm tekrar edilse dahi değerler yine farklı bulunur. Bu hataların azaltılmasının bir yolu ölçümde çözünürlüğü (hassasiyeti) daha iyi olan bir aleti kullanmaktır. Diğer bir metot da ölçümü çok sayıda tekrar etmektir. Fiziksel bir büyüklük, x, N defa ölçülmüş olsun. Ortalama x değeri;

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{N}$$

olur. Buradaki ortalama x değeri gerçek x 'in en yaklaşık değeridir.

Herhangi bir ölçümdeki sapma (d_i);

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

dır. Bunların ortalama sapması ise

$$\bar{d} = \frac{\sum |d_i|}{N}$$

Bu hatayı yüzde olarak verirsek, yani hata yüzdesi:

$$\frac{\bar{d}}{\bar{x}} \times 100\%$$

Toplama ve Çıkarma İşlemlerinde Hata Hesabı

Uzunlukları x ve y olan iki cisim birleştirilerek yeni bir cisim yapılmak isteniyor. Ölçümler sırasında Δx ve Δy kadar hata yapıldıysa yeni cismin boyundaki hata;

$$B = x + y$$

$$B \pm \Delta B = (x \pm \Delta x) + (y \pm \Delta y)$$

$$= (x + y) \pm (\Delta x + \Delta y)$$

x uzunluğundaki bir cisimden y uzunluğu kesilirse kalan cismin uzunluğundaki hatayı hesaplayalım.

$$B = x - y$$

$$B \pm \Delta B = (x \pm \Delta x) - (y \pm \Delta y)$$

$$= (x - y) \pm (\Delta x + \Delta y)$$

- Burada en önemli kural bir çıkarma işleminde hataların toplanıyor olmasıdır.

Çarpma ve Bölme İşlemlerinde Hata Hesabı
$Y = X^2$ ile verilen bir fonksiyonumuz olsun Burada X bir deneyle ölçülen değer ve Y de bu fonksiyondan hesap edilen sonuç değeridir. Farz edelim ki gözlenen X1 değerinde ΔX kadar bir hata vardır. O zaman hesaplanan Y değerinde de bir ΔY hatası olacaktır. ΔX ve ΔY yeteri kadar küçük ise bunları diferansiyel büyüklükler olarak ifade edebiliriz.
Fonksiyonun türevini alarak

$$\frac{\Delta Y}{\Delta X} = 2X$$

elde ederiz. Buradan, $\Delta Y = 2X\Delta X$ ve $Y = X^2$ denklemlerini birbirine oranlarsak;

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{2X\Delta X}{X^2} = 2\frac{\Delta X}{X}$$

Yani, Y'nin hata oranı ($\Delta Y/Y$), X'in hata oranının 2 katıdır. Eğer bunu genelleştirirsek:
$Y = AX^n$ ile verilen bir fonksiyon için

$$\frac{\Delta Y}{Y} = \frac{AnX^{n-1}\Delta X}{AnX^n}$$

şeklinde yazılabilir.

- 2 ve 2 den fazla değişken içeren fonksiyonlarda kısmi türev uygulanmalıdır.

Örnek:
Bir yayın ucuna m kütleli bir cisim takılıyor ve kronometre ile periyot ölçümü yapılıyor. $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ olup hassas terazi ile ölçülen m kütlesi 0.2059 kg ve ölçülen periyot 3 s dir. Kronometrenin hassasiyetinin bulunması için hızlı bir şekilde start ve stop yapılıyor burada ölçülen zaman ise 0.22 s dir. Buna göre k sabitinin kadar bir hata ile bulunduğunu gösteriniz.

Çözüm:

Hata hesabı için genel formülü yazarsak;

$$\Delta k = \left|\frac{\partial k}{\partial m}\right|\Delta m + \left|\frac{\partial k}{\partial T}\right|\Delta T$$

Bulunmak istenen k sabitini formülden çekersek; $k = 4\pi^2\, m/T^2$ dir. Burada hem m kütlesi hem de süre ölçülmüştür. Bundan dolayı hem m'e göre hem de T'ye göre türev almamız gerekir.

$$\left|\frac{\partial k}{\partial m}\right| = \left|\frac{4\pi^2}{T^2}\right| = \underbrace{4\pi^2 m/mT^2}_{\substack{Burada\ düzenleme \\ yaparsak}} = k/m \qquad \left|\frac{\partial k}{\partial T}\right| = \left|\frac{-8\pi^2 m}{T^3}\right| = \underbrace{\frac{1}{2}4\pi^2 m/TT^2}_{\substack{Burada\ düzenleme \\ yaparsak}} = \frac{1}{2}k/T$$

Bunların çok küçük hatalar olduğunu varsayarsak;

$$\Delta k = \frac{k}{m}\Delta m \qquad \Delta k = \frac{1}{2}\frac{k}{T}\Delta T$$

Böylece iki ölçümde de yapmış olduğumuz hataları ayrı ayrı bulmuş oluruz. Hatalar her zaman toplanacağı için iki ölçüm sonucu bulduğumuz k değerindeki toplam hata:

$$\Delta k = \frac{k}{m}\Delta m + \frac{1}{2}\frac{k}{T}\Delta T$$

Yani:

$$\frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta m}{m} + \frac{1}{2}\frac{\Delta T}{T}$$

halini alır. Burada $\Delta m = 0.0001$ dir. Çünkü hassas terazide kütlenin en küçük değişimi bu değerde olacaktır.

$$\frac{\Delta k}{0.9032} = \frac{0.0001}{0.2059} + \frac{1}{2}\ \frac{0.22}{3} = 0.03316$$

$$k \pm \Delta k = 0.9032 \pm 0.0332\ N/m$$

Trigonometrik Hata Hesabı:

İletki ile ölçülen, θ ’lık bir açı için hata hesabı yapıldığında: R=sin θ , bu ölçümün olası hata ise ΔR =sin(θ+Δθ)-sinθ ’dır. Burada Δθ açı ölçme hatasıdır. Mesela 30 ± 1 ile yapılan ölçümün sinüsünü hesaplarken yapılan hata olasılığı: R =sin31-sin30=0.015’tir. Bu durumda da R ± ΔR =0.500 ± 0.015’tir.

ANLAMLI RAKAMLAR

Öncelikle belirsizlikleri ifade etmenin yollarını vererek başlayalım. İlk olarak, δx belirsizliği ifade ettiğinden çok fazla hassasiyetle ifade edilmemeli. Örnek olarak yerçekimi ivmesinin ölçümü sonucu g = 9.82 ± 0.02385m/s^2 şeklinde bir ifade yanlıştır. En iyi ölçümün 9.82 olduğu bir ölçümde hata (belirsizlik) dört anlamlı rakama kadar ölçülemez. Ancak çok hassas ölçümlerde iki anlamlı rakama kadar açıklanabilir ancak temel fizik deneyleri için bizim izleyeceğimiz kural şudur:

Belirsizliklerin bulunması ve ifade edilmesi

Kural 1. Hataları ifade: Hata değerleri her zaman tek anlamlı rakama yuvarlanmalıdır. Dolayısıyla δg = 0.02385 şeklindeki bir belirsizlik δg = 0.02 şeklinde yuvarlanmalıdır ve sonuç g = 9.82 ± 0.02m/s^2 şeklinde ifade edilmelidir.
Kural 1’in bir istisnai durumu vardır. Eğer hatadaki ilk rakam 1 ise ikinci anlamlı rakamı tutmak yararlıdır. Örneğin bir ölçümdeki hata δx = 0.14 ise bunu δx = 0.1 şeklinde yuvarlamak hatayı azımsanmayacak ölçüde azaltacaktır. Bir ölçümdeki hatayı netleştirildikten sonra ölçümdeki anlamlı rakamlar ele alınmalıdır. Verilen bir ölçüm cismin sürati= 3042.37 ± 20m/s şeklinde ise, elbette ki bu saçmadır. Belirsizliğin 20 olması demek en iyi tahminin 3026-3066 arasında olması demektir ve dolayısıyla 2, 3 ve 7 rakamlarının hiçbir önemi yoktur ve ifade cismin sürati= 3040 ± 20m/s şeklinde yuvarlanmalıdır.
Kural 2. Yanıtları ifade: Yanıtları ifade ederken son anlamlı rakam hata değeri ile aynı mertebede olmalıdır (ondalık konumda). Örneğin 92.81±0.3 şeklindeki bir ifade 92.8±0.3 şeklinde ifade edilmelidir. Eğer ifade 92.81±3 ise bu defa 93±3 şeklinde yuvarlanmalıdır. Eğer ifade 92.81±30 ise bu kez 90±30 şeklinde yuvarlanmalıdır.

Farklı sayıda anlamlı rakam içeren sayılar çarpıldığında ya da bölündüğünde sonucun anlamlı rakam sayısı, işleme giren sayılar arasında en az anlamlı rakama sahip olan sayının anlamlı rakam sayısını geçemez.
Örnek:

$$\underbrace{3.1416}_{5\ an.rak.} \times \underbrace{2.34}_{3\ an.rak.} \times \underbrace{0.58}_{2\ an.rak.} = \underbrace{4.3}_{2\ an.rak}$$

Farklı sayıda anlamlı rakam içeren sayılar toplandığı ya da çıkarıldığında sonucun anlamlı rakam sayısı, işleme giren sayıların anlamlı rakam sayısına değil ondalık basamağın yerine bağlıdır. Sonucun ondalık basamağı işleme girenlerin hatası en büyüğüne eşit olmalıdır.
Örnek:

$$\underbrace{123.62}_{belirsizlik\ 0.01} \times \underbrace{8.9}_{belirsizlik\ 0.1} = \underbrace{1213.5}_{belirsizlik\ 0.1}$$

Kural 1 ve Kural 2 uygulanırken önemli bir nokta şudur: Yuvarlanmadan doğabilecek hataları azaltmak için sonraki hesaplamada kullanılacak sayılar normal olarak en son yuvarlamadan önce en azından bir anlamlı rakam fazladan korumalıyız. Hesaplamanın en sonunda sonuç bu fazladan anlamlı rakamlardan kurtulmak için yuvarlanmalıdır. <u>Fizik deneylerinde hesap makineleri virgülden sonra anlamlı olamayacak sayıda çok rakam içeren sonuçlar verecektir, bu sayıları hesaplamanın ortasında değil en son sonucu bulduktan sonra doğru şekilde yuvarlamalıyız.</u>

2. 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.

Grafik Alanı ve Eksenler

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

• Grafik kâğıdına elde edilen verilerin en büyük ve en küçük değerleri göz önünde bulundurularak bölmelendirilip çizilmelidir.

• Grafik kâğıdına 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. Eksenlerin uçlarına ok çizilir ve ilgili değişkenin adı veya sembolü ile birimi yazılır. İstendiği takdirde, eksenin başına birim yazılırken <u>değerler uygun bir katsayı ile çarpılmışsa bu değer çarpım olarak yazılabilir.</u>

• Eksenlerin kesiştiği nokta sıfır (0) alınabileceği gibi, eksenlerden biri veya her ikisi için de uygun herhangi bir değer alabilir. Ancak bu değer belirtilmelidir.

• Eksenlerin bölmelendirilmesi eşit aralıklı olmalıdır. İki eksenin yanına ek olarak bir birimin eksenlerde hangi ölçü birimine denk geldiği belirtilmelidir. Tablodaki 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:

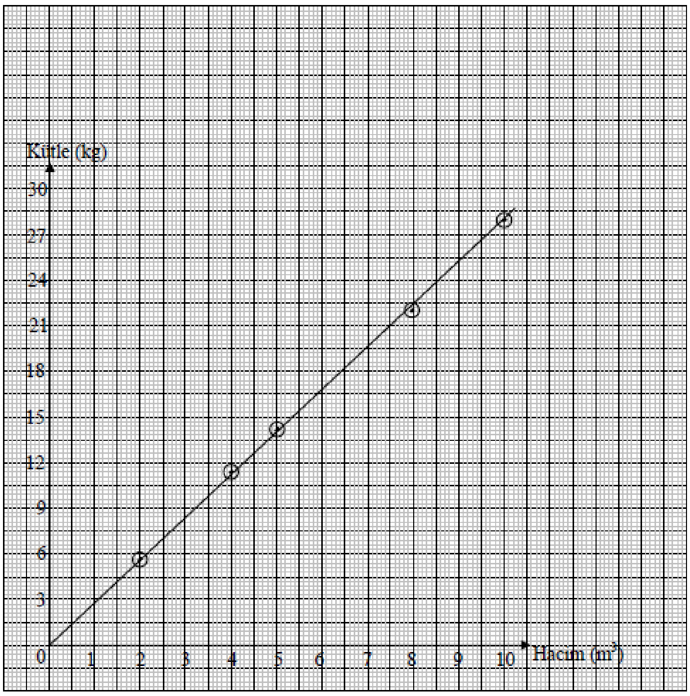
• Eksenlerin üzerinde birbirinin karşılığı olan değerler bulunur ve gözle takip edilerek çakıştıkları nokta tespit edilir. Deneysel noktayı tespit ederken noktanın eksenlere olan izdüşümleri kalemle işaretlenmez.

• Deneysel noktalar işaretlendikten sonra, işaretlenen noktalar yuvarlak içine alınır.

• Tüm deneysel noktalar tespit edildikten sonra, noktaların oluşturduğu desen eğer doğrusal bir desen ise, cetvel ile noktalar birleştirilir. Eğer ilgili desen, doğrusal değilse, noktalar yumuşak tek bir çizgi ile birleştirilir (Şekil 0.1).

• Eğer aynı eksen sistemi üzerine birden fazla grafik çizilecek ise, grafik eğrilerinin bitimine eğriyi diğerlerinden ayıran değişkenin değeri belirtilir.

Grafik: Hacmin kütle ile ilişkisi



Şekil 0.1 Örnek grafik

3. GRAFİK ANALİZİ

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 eksen) göre eğimidir. 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 üçgenin eğimi alınarak, doğrunun eğimi bulunur. Doğrunun eğimi, a katsayısını verir.

Böylece, y=ax+b ifadesindeki tüm bilinmeyenler bulunmuş olur. İki değişken arasındaki ilişki böylelikle formülleştirilir.

ÖLÇÜ ALETLERİ

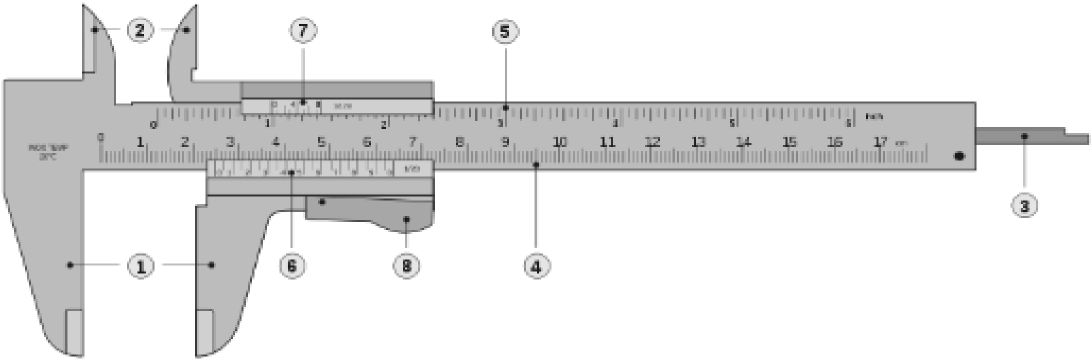
Amaç:
Verniyeli kumpas, mikrometrenin kullanımı.

Araçlar
Verniyeli kumpas, mikrometre, demir tel, küre.

Genel Bilgi:
I Verniyeli kumpas (Şekil 0.1), milimetre ölçekli bir **T** cetveli ile bunun üzerinde kaydırılabilen verniye ölçekli bir sürgüden **(S)** oluşur. Kumpasın **(1)** çenesi çapı veya kalınlığı ölçülecek cisim sıkıştırılır. **(2)** uçları boruların iç çapını ölçmede kullanılır. Verniyeli kumpas ile (1/20) mm incelikle ölçüm yapılabilir.
Kumpasın gagaları arasına hafifçe sıkıştırılan cismin ölçülmek istenilen uzunluğunun degeri mm cinsinden,

$$L = N + \frac{n}{100} \qquad \textbf{2.1}$$

dir. **N** değeri **T** cetveli üzerinde, verniyenin (S sürgüsü) $L = N + \frac{n}{100}$ sıfırından önceki mm değeri, **n** değeri ise verniye üzerinde olan ve **T** cetveli üzerindeki mm çizgilerinden biri ile çakışan çizginin sayısıdır.



Şekil 0.1 Verniyeli kumpas

1. Çeneler: parçanın dış çap ya da genişliğini ölçmek için kullanılır.
2. Horoz: parçanın iç çap genişliğini ölçmek için kullanılır.
3. Kılıç: parçanın üzerindeki delik, kanal gibi yerlerin derinliğini ölçmek için kullanılır.
4. Metrik cetvel: parçanın milimetre cinsinden tam ölçü değerinin okunmasını sağlar.
5. İnç ölçüm cevteli: parçanın inç cinsinden tam ölçü değerinin okunmasını sağlar.
6. Metrik verniyel: parçanın milimetre cinsinden ondalık değerinin okunmasını sağlar.
7. İnç verniyel: parçanın inç cinsinden ondalık değerinin okunmasını sağlar

Örnek: Bir verniyenin sıfırı **T** cetveli üzerinde 2.8 cm ile 2.9 cm arasında olsun. Bu durumda ölçülen uzunluk 2.8 cm'den büyük 2.9 cm'den küçüktür. **N** değeri 2.8 cm'dir. 2.8 cm'den sonraki uzunluk değerini incelikli olarak (1/100 cm) ölçmek için verniye üzerindeki çizgilerden kaçıncısının **T** cetveli üzerindeki bir çizgi ile karsı karsıya geldiğine bakılır. Bu ölçümde verniyenin 3. çizgisi **T** cetveli üzerindeki bir çizgi ile çakışsın. **n** değeri 3'tür. Ölçülen **L** uzunluğu

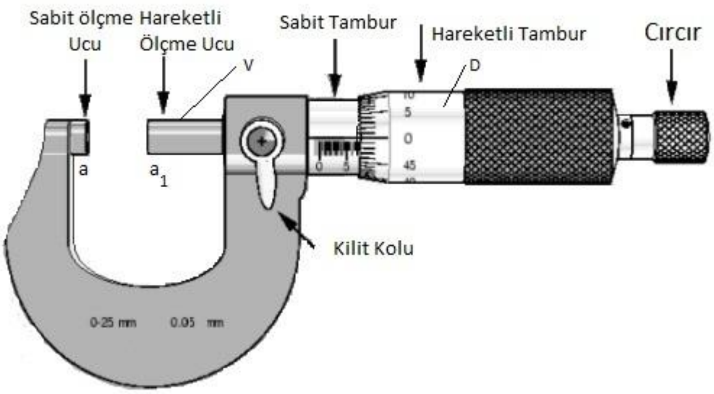
$$L = N + \frac{n}{100} = 2.8 + \frac{3}{100} = 2.83\ cm \qquad \textbf{2.2}$$

olarak ölçülür.

II Mikrometre veya Palmer (1/100) milimetre incelikli uzunluk ölçmeye yarayan vida yapılı bir ölçü aletidir (Şekil 0.2). Aletin **V** vidası **D** sapı ile birlikte döner. Kullanılan mikrometrede vida adımı 0,5 mm'dir. Kalınlığı ölçülecek cisim **aa1** uçları arasına **D** sapı döndürülerek hafifçe sıkıştırılır. Sabit ölçek üzerinden **N**, dönen ölçek üzerinden de **n** okunarak uzunluk mm cinsinden

$$L = N + \frac{n}{100} \qquad \textbf{2.3}$$

bulunur.



Şekil 0.2 Mikrometre

Örnek: Küçük bir bilyenin boyunu ölçmek için bilye **aa1** uçları arasına **D** sapı döndürülerek hafifçe sıkıştırılır. Çapı ölçmek için **D** sapı üzerinde bulunan dairesel cetvelin sabit ölçek üzerinde hangi mm çizgileri arasında olduğuna bakılır. Sabit ölçek üzerindeki yatay çizginin üzerinde 1 mm aralıklı çizgiler altında ise 0,5 mm'yi gösteren çizgiler vardır. Örnek ölçümde **D** sapı üzerindeki dairesel ölçek 4 mm ile 4,5 mm arasında olsun. Bu durumda **N** değeri 4 mm'dir. Sabit ölçek üzerindeki yatay çizginin dairesel ölçek üzerinde karsı karsıya geldiği çizginin gösterdiği değer de 35 olsun. Bu değer **n** değerini verir (bkz. Şekil 0.2). Ölçülen bilyenin çapı

$$L = N + \frac{n}{100} = 4 + \frac{35}{100} = 4.35\ mm \qquad \textbf{2.4}$$

olarak bulunur.

Deneyin Yapılışı:

Deney sırasında hataları önlemek için bütün ölçü ve hesap sonuçlarınızda mm birimi kullanınız.

1. Deneyde verilen bakır tellerin yarıçaplarını bularak, hacmini hesaplayınız. Silindirik kısmın yüksekliğini ölçmek kumpasın sürgüsü ile birlikte hareket eden ve cetvelin sonunda dışarı çıkan derinlik ölçme pimini kullanınız (Şekil 0.1).

2. Deneyde verilen dikdörtgenler prizması veya kare şeklindeki parçaların hacmini kumpas ve mikrometre yardımı ile hesaplayınız.

3. Deneyde verilen iç ve dış yarıçapa sahip silindirik parçaların hacimlerini kumpas yardımı ile iç ve dış yarıçaplarını ve derinlik (Kılıç) ayağı ile yüksekliğini ölçerek bulunuz.

4. Ölçüleri cismin farklı yerlerinden üç kez alınız ve hesaplamalarda ortalama değerleri kullanınız.

5. Tüm sonuçlarınızı hata hesabı yaparak hataları ile birlikte veriniz.

DENEY 1 KUVVETLERİN BİLEŞKELERİNİN BULUNMASI

Amaç:

1. Newtonun I. Yasasının irdelenmesi
2. Denge kavramının incelenmesi
3. Kuvvet – Açı ilişkisinin incelenmesi

Genel Bilgi:

Kuvvet; genel olarak bir cismin hareketine sebep olan, yani duran bir cismi hareket ettiren, hareket eden bir cismi durduran, doğrultu ve yönünü değiştiren, ona şekil değişikliği veren etkidir.

Newton'un I. Yasası: Herhangi bir cisim üzerine bir kuvvet etki etmiyorsa, ya da etki eden kuvvetlerin bileşkesi sıfırsa, cisim durumunu değiştirmez; yani duruyorsa durur, hareket ediyorsa, hareketini bir doğru boyunca devam ettirir. Bu yasa matematiksel olarak;

$$\vec{F} = m\vec{a} \qquad \textbf{3.1}$$

ifade edilir. Bu formülde, "F" kuvvet,"m" kütle, "a" ise cismin ivmesidir. Formülden de görülebileceği gibi kuvvet *vektörel* bir büyüklüktür. Yani belirli bir yöne ve büyüklüğe sahiptir.

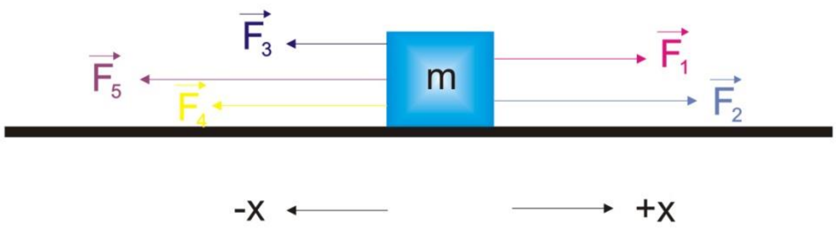
Bir cisme etki eden kuvvetler toplamı yani net kuvvet sıfır ise cisim herhangi bir yönde hareket etmez. Bu duruma cismin *denge*de olması denilir.

$$\sum_i \vec{F}_i = 0 \qquad \textbf{3.2}$$

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \cdots = 0 \qquad \textbf{3.3}$$

Burada dikkat edilmesi gereken konu; kuvvetin vektörel bi nicelik olduğu ve yönünün önemli olduğudur. Birbirine ters yönlerde olan kuvvetlerin toplanması aslında büyüklüklerinin çıkarılması anlamına gelmektedir.

Bir boyutta denge kavramı inceleyecek olursak;



Şekil 1.1 Bir boyutta cisme etki eden kuvvetler

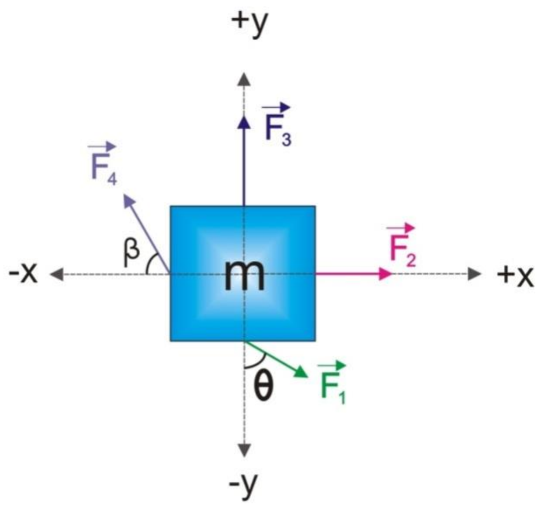
Şekil 1.1'de, m kütleli cisme +x ve –x yönünde etki eden kuvvetler görülmektedir. Cisim hareket etmiyor ise; cisme etki eden net kuvvet sıfır demektir.

$$\sum_i \vec{F_i} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_5 = 0 \quad \mathbf{3.4}$$

-x yönünü negatif, +x yönünü pozitif alırsak;

$$F_1 + F_2 - (F_3 + F_4 + F_5) = 0 \quad \mathbf{3.5}$$

Denge kavramını 2 (iki) boyutta inceleyecek olursak;



Şekil 1.2 Bir cisme iki boyutta etki eden kuvvetler

Şekil 1.2'de olduğu gibi bir cisme iki boyutta kuvvetler de etki edebilir. Eğer cisim hareket etmiyor ise yani denge durumunda ise cisme etki eden net kuvvet sıfırdır. Yani cisme x ekseninde etki eden ve y ekseninde etki eden net kuvvet sıfırdır. Bu durumda iki ekseni ayrı ayrı incelemek gerekir.

x-ekseni:

$$\vec{F_2} + \vec{F_4} cos\beta + \vec{F_1} sin\theta = 0$$

$$F_2 + F_1 sin\theta - F_4 cos\beta = 0$$

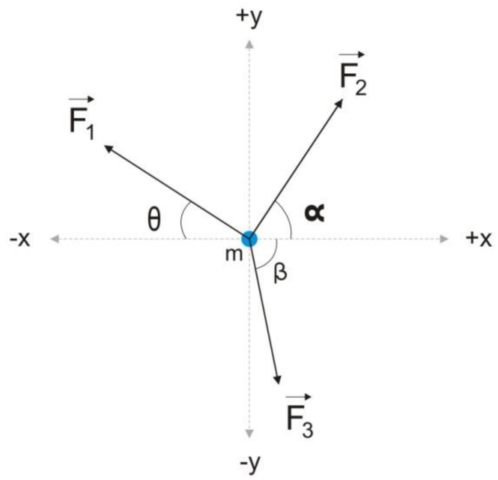
y-ekseni:

$$\vec{F_3} + \vec{F_4} sin\beta + \vec{F_1} cos\theta = 0$$

$$F_3 + F_4 sin\beta - F_1 cos\theta = 0$$

şeklinde ifade edilir.

Grafiklerde, açıları ve kuvvetleri daha rahat görebilmek için cismi noktasal alabiliriz.



Şekil 1.3 Bir cisme x-y düzleminde etki eden kuvvetler

Şekil 1.3'teki cisim üç kuvvetin etkisi altında denge konumunda ise;

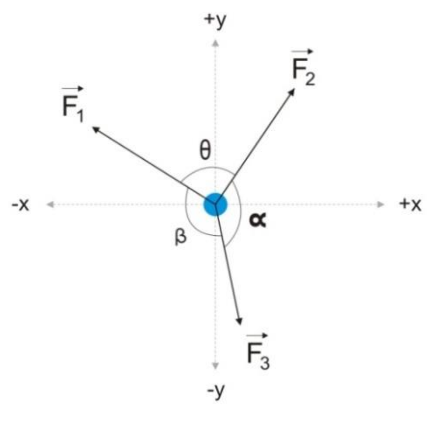
$$F_2 sin\alpha + F_1 sin\theta = F_3 sin\beta$$

ve

$$F_2 cos\alpha + F_3 cos\beta = F_1 cos\theta$$

eşitlikleri ile ifade edilir.

Denge durumunda cisme etki eden kuvvetleri bulmanın daha kolay bir yolu da vardır ve sinüs teoremi olarak bilinir.



Şekil 1.4 Denge durumunda kuvvetler arasındaki ilişkinin sinüs teoremi ile bulunması

Sinüs teoremi kullanılarak kuvvetler arasındaki ilişki belirlenebilir. Bu ilişki;

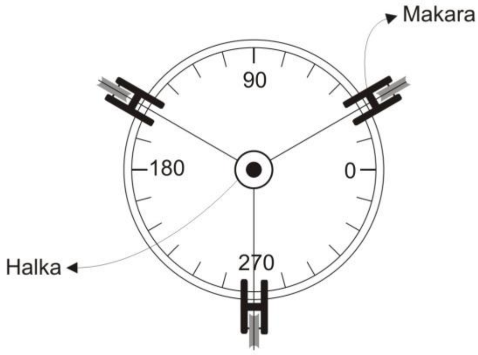
$$\frac{\boldsymbol{F_1}}{\boldsymbol{sin\alpha}} = \frac{\boldsymbol{F_2}}{\boldsymbol{sin\beta}} = \frac{\boldsymbol{F_3}}{\boldsymbol{sin\theta}} \qquad \textbf{3.6}$$

şeklindedir.

Deney düzeneğimizde de kuvvetlerin dengesi aynı Şekil 1.4'teki gibi sağlanmaktadır. Düzenekte uygun açı ve kuvvet büyüklüğünde iplerin bağlı olduğu halka ile tablanın merkezinde bulunan silindirik çubuk eş merkezli olmaktadır. Bu durum bize kuvvetlerin dengede olduğunu göstermektedir. İplerin bağlı olduğu halka, tabla merkezindeki silindirik çubuğa temas ediyorsa temas ettiği doğrultudaki kuvvet büyük demektir.

Deneyin Yapılışı:

I) Makaralar Arası 120º iken Denge Durumu



Şekil 1.5 Makaraların ve iplerin tablaya takılması

1. Makaraları Şekil 1.5'teki gibi yerleştiriniz.
2. Makaraları, araları 120º olacak şekilde takınız.
3. Ağırlık taşıyıcılara aynı büyüklükte ağırlıklar takınız.
4. Sistemin dengeye gelip gelmediğini gözlemleyiniz.
5. Denge durumunu kuvvetlerin bileşkelerini belirleyerek ve Eşitlik (3.6)'yı kullanarak hesaplayınız.
6. Gerekli hata hesabını yapınız.

$F_{1_x} =$ $\qquad\qquad$ $F_{1_y} =$

$F_{2_x} =$ $\qquad\qquad$ $F_{2_y} =$

$F_{3_x} =$ $\qquad\qquad$ $F_{3_y} =$

II) Sabit Açı Değerlerinde Denge Durumu

1. Makaraları tabla üzerinde istediğiniz noktalara yerleştiriniz.
2. İplerin bir ucunu tabla üzerinde duracak olan halkaya, diğer ucunu ise ağırlık taşıyıcıya bağlayınız.
3. İpleri makaralardan geçirerek sistemi Şekil 1.5 Makaraların ve iplerin tablaya takılması'teki gibi kurunuz.
4. Ağırlık taşıyıcılara ağırlıklar ekleyerek halkayı tabla merkezindeki çubuk ile eş merkezli hale getiriniz.
5. Açı değerlerini ve taşıyıcılara takılan ağırlıkları Tablo 1.1'e kaydediniz.
6. Bir kağıt üzerine halkaya etki eden kuvvetleri ve açı değerlerini Şekil 1.3'teki gibi çiziniz.
7. Çizilen şekilde her kuvvettin x ve y eksen bileşenlerini belirleyiniz.
8. Bu denge durumunu her iki eksende de matematiksel olarak kanıtlayınız.
9. Aynı işlemleri farklı açı değerleri için tekrarlayınız.
10. Gerekli hata hesabını yapınız.

Tablo 1.1

Makara 1		Makara 2		Makara 3	
F_1 (N)	α (°)	F_2 (N)	θ (°)	F_3 (N)	β(°)

$F_{1_x} =$ $F_{1_y} =$

$F_{2_x} =$ $F_{2_y} =$

$F_{3_x} =$ $F_{3_y} =$

III) Sabit Kuvvet Değerlerinde Denge Durumu

1. Ağırlık taşıyıcılara istenilen büyüklükte ağırlık takınız.
2. Bir makaranın yerini sabit tutunuz ve diğer iki makaranın konumlarını değiştirerek halkanın tabla merkezindeki çubuk ile eş merkezli olmasını sağlayınız.
3. Denge durumunda taşıyıcılara takılan ağırlıkları ve makara konumlarını Tablo 2'ye kaydediniz.
4. Bir kağıt üzerine halkaya etki eden kuvvetleri Şekil 1.3'teki gibi çiziniz.
5. Çizilen şekilde eksen bileşenlerini belirleyiniz.
6. Sistemin denge konumunu bileşenleri kullanarak ve Eşitlik (3.6) yardımıyla kanıtlayınız.
7. Aynı işlemleri farklı kuvvet değerleri için tekrarlayınız.
8. Gerekli hata hesabını yapınız.

Tablo 1.2

Makara 1		Makara 2		Makara 3	
F_1 (N)	α (º)	F_2 (N)	θ (º)	F_3 (N)	β(º)

$F_{1_x} =$ $F_{1_y} =$

$F_{2_x} =$ $F_{2_y} =$

$F_{3_x} =$ $F_{3_y} =$

DENEY 2 SERBEST DÜŞME

I. Amaç :

Yol (uzaklık)-zaman yasası ile serbest düşen bir bilyenin düşme zamanı t'nin, düşme uzaklığı h'nin bir fonksiyonu olarak hesaplanması ve bu hareketi sağlayan "g " yerçekimi ivmesinin bulunması.

II. Bilgi :

"Sabit bir kuvvetin etkisinde olan her cisim, sabit ivmeli ~~bir~~ hareket yapar."

- Kuvvet cismin hareket yönünde etki ederse cisim düzgün hızlanır. Bu durumda yol ifadesi,

$$h(t) = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \tag{2.1}$$

olur. Burada h(t), zamana göre yer değiştirme, v_0 cismin ilk hızı ve a da cismin ivmesidir.

-Kuvvet, cismin hareketinin zıt yönünde etki ediyorsa cisim düzgün yavaşlayan hareket yapar. Bu durumda yol ifadesi ise,

$$h(t) = v_0 t - \frac{1}{2} a t^2 \tag{2.2}$$

olur.

Herhangi bir yükseklikten serbest bırakılan bir cisim zamanla hızlanarak yere çarpar. Bu harekette cisme etki eden iki kuvvet vardır. Bu kuvvetlerden biri yerçekimi kuvveti, diğeri de havanın direnç kuvvetidir. Cismin ağır ve yüksekliğin küçük olduğu ortamlarda, havanın direnç kuvvetinin cismin hareketi üzerine yapacağı etki ihmal edilebilir. Bu durumda, cismin sadece yerçekimi kuvvetinin etkisi altında sabit bir kuvvetle ve sabit "g" ivmesiyle serbest düşme hareketi yaptığı kabul edilir.

t=0 anında durmakta olan bir bilye (top) serbest düşmeye bırakılırsa, herhangi bir t anında h yolunu alır.

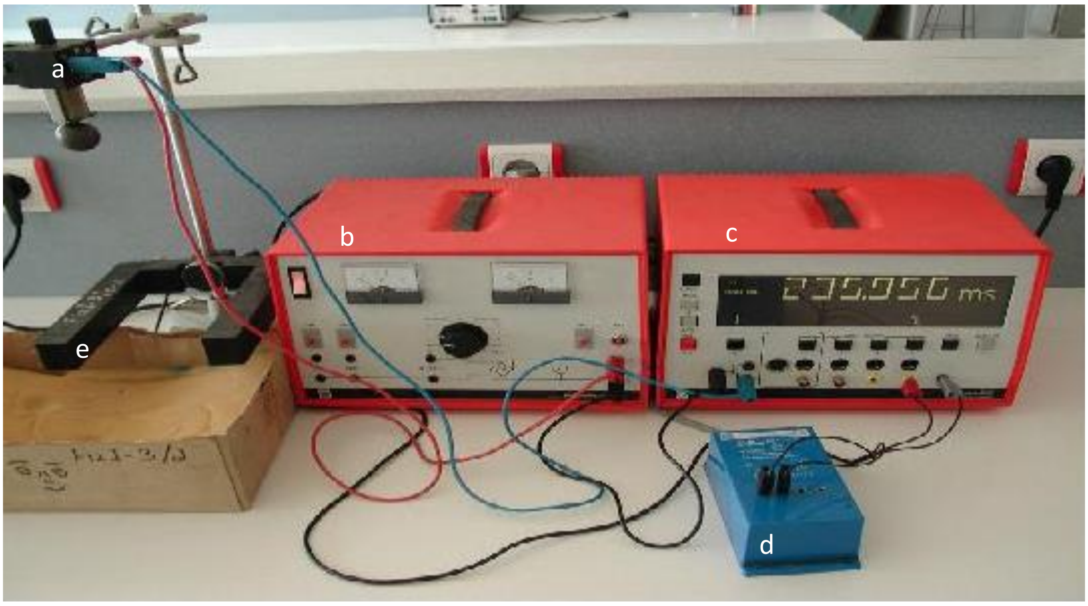
$$h(t) = \frac{1}{2} g t^2 \tag{2.3}$$

Burada ***g,*** yerçekimi ivmesidir.

III. Deneyin Yapılışı:

Deneyde bilye, bir elektromıknatısla asılı durmaktadır. Manyetik alan kesildiği zaman bilye düşmeye ve aynı anda sayaç (counter) çalışmaya başlar. Bilye ışık bariyerinden (fotosel) geçtiği anda ya da sayaca bağlı bir plakaya düştüğünde sayaç durur. (Elektromıknatıs tarafından serbest düşmeye bırakılan bilyenin fotoselin tam önünden geçmesi için gerekli hassas ayarlamayı özenle yapınız.) Düşme zamanını (t) dijital sayaçtan okuyunuz; düşme uzaklığını (h) doğrudan ölçünüz.

Deney düzeneği **Şekil 2.1'**deki gibidir.



Şekil 2.1: Serbest düşme deneyinde kullanılan düzenek.

- Gerekli bağlantıları yaptıktan sonra düzeneğin **a** kısmına bilyeyi tutturunuz.
- Bilyeyi tutturmak için değişken alçak gerilim transformatöründen (**b**) mümkün olduğunca düşük bir gerilim uygulayınız.
- Dijital sayacı (**c**) açınız. **funct** düğmesi ile sayacı **s** (saniye) konumuna getiriniz. **mode** düğmesi ile sayacı **ms** (milisaniye) konumuna getiriniz.
- Stop düğmesindeki ↓ işaretini kaldırınız. Kullanacağınız kanala **Z** dalgası uygulayınız.
- Bilyenin düşme süresini ölçmek için dijital sayaçtaki **run** sonra **R** düğmelerine basınız.
- Bu işlemlerden sonra bilye düşmeye başlayacak ve fotoselin gözünden (**e**) geçince sayaç duracaktır. Bu süreyi sayaçtan okuyarak kaydediniz.
- Bilyenin düşme yüksekliğini aşağıdaki değerlere ayarlayarak ölçümlerinizi kaydediniz.
- Aynı işlemleri hem küçük hem de büyük bilye ile yapınız. Deneyin doğru sonuçlanması için ölçümleri 10 kez tekrarlayınız ve ölçülen değerlerden ortalama zamanı hesaplayınız.

TABLO 2.1:

h(cm)	t(s)	t^2 (s^2)
40		
35		
30		
25		
20		
15		
10		
5		

- h=f (t) grafiğini çiziniz. Grafiği yorumlayınız.
- h=f (t^2) grafiğini çiziniz Grafiği yorumlayınız.
- h=f (t^2) grafiğinin eğiminden *g* yerçekimi ivmesini hesaplayınız.
- Aynı deneyi farklı kütleye sahip bir bilye ile tekrarlayınız.

IV. Sorular:

1. Büyük ve küçük bilye ile yapılan serbest düşme deneyinde düşme süreleri sizce neden birbirine yakın çıkmıştır?
2. Eğer bilyeler farklı cinsten olsalardı; yere düşme süresi nasıl değişirdi?

Deneyi yorumlayınız ve hata kaynaklarını belirtiniz.

DENEY 3 NEWTON’UN II. YASASI

I. Amaç:

Newton’un ikinci yasasını deneysel olarak ispatlamak.

II. Bilgi:

Devinime neden olan etkiler insanları uzun süre ilgilendirmiştir, ancak bu konuda Galileo ve Newton’a kadar pek başarılı sonuçlar elde edilememiştir. Galileo’dan önceki filozoflar, bir cismi devindirebilmek için kesinlikle bir etkinin, yani bir kuvvetin gerektiğini ileri sürmemişler ve “olağan” halde bir cismin durması gerektiğine inanmamışlardı (yaklaşık olarak 4000 yıl kadar bu düşüncenin hakim olduğunu görüyoruz).

Gerçekten bir cisim, bir düzlem üzerinde kaydırılmak istenirse, cismin kısa bir süre gittikten sonra yavaşlayıp durduğu gözlenir. Bu gözlem bir dış kuvvet olmadığı sürece kaymanın olmadığı düşüncesini destekler. Galileo yaptığı deneylerde bu inancın gerçek olmadığını gösterdi. Eğer cisim ve onun üzerinde durduğu düzlem pürüzsüz hale getirilirse ve cisim yağlanırsa, cismin hızının daha yavaş azaldığı ve cismin daha ileride durduğu gözlenir. Buna göre, cismin kaymasını yavaşlatacak tüm etkiler (sürtünme vb.) ortadan kaldırılırsa, cismin değişmez bir hızla yoluna bir doğru boyunca sonsuza değin devam edeceği sonucu çıkar. Galileo’nun vardığı sonuç bu idi. Ona göre, bu cismin hızını değiştirmek için bir dış kuvvet gerekiyordu; ama belli bir hızda giden cismin hızını koruyabilmesi için bir kuvvete gerek yoktu. Mesela bir sandığı bir düzlemde ittiğimiz durum için, ellimizin verdiği itme sandığa bir hız kazandırır, fakat düzlem sandığa bir kuvvet uygulayarak onu yavaşlatır ve durdurur. Her iki kuvvet de hızda bir değişim, yani bir ivme oluşturur. İşte, Galileo’nun bulduğu bu gerçeği, Galileo’nun öldüğü gün (1642) doğan Isaac Newton bir evrensel yasa olarak 1686 da yazdığı “*Doğal Felsefenin Matematik İlkeleri*” adlı kitabında ortaya koymuştur.

III. Deneyin Yapılışı:

Bu deneyde,

- iki adet ışık kapısı (PhotoGate),
- hava rayı sistemi ve kızak,
- kütleler ve makara

kullanılacaktır.

Hava rayı üzerinde sabit bir “F” kuvvetinin etkisi altında hareket edecek kızak yardımıyla Newton’un II. Yasasını deneysel olarak irdeleme, ve bağıntının tutarlılığını sınama imkanı bulacaksınız. Sözkonusu kızak üzerine etkiyecek olan kuvvet kızağı çekmesi için kullanılacak olan asılı bir ağırlıkla sağlanacaktır. Deney içersinde kızak ve asılı ağırlıkların kütleleri değiştirilerek oluşturulacak etkinin, ivme ölçümleri ile ortaya konabileceğini göreceksiniz.

Şekil 3.1: Newton'un ikinci yasasını irdelemekte kullanılan deneysel düzenek.

III.1. Yöntem :

- Hava Rayını **Şekil 3.1**'deki gibi kurarak düzeneğin yatayda düz bir konumda durmasını sağlayınız. (Bunun için ayar vidalarını kullanabilirsiniz.) Kızağın altındaki hava akımı eşit olmadığı için kızağın bazı küçük hareketleri olabilir fakat her iki yönde de devamlı ivmesiz kalması gerekir.
- Kızağın "etkin" uzunluğunu ölçerek **TABLO 3.1**'e "L" olarak kaydediniz.
- Asılı ağırlığı sisteme ilave ederek ağırlığı dengelemek üzere kızağa dengeleyici kütleleri yerleştiriniz.
- 10 ve 20 gramlık kütleleri kullanarak kızağın kütlesini değiştiriniz. Kütlelerin, kızağın her iki yanında, kızağın dengede kalmasının sağlayacak şekilde simetrik dağıldığından emin olunuz. Eklediğiniz kütlelerle birlikte kızağın toplam kütlesini belirleyiniz ve bunu **TABLO 3.1**'de "m (kızağın kütlesi)" olarak kaydediniz.
- Şimdi, yukarıda belirtilen işlemi asılı ağırlık için tekrarlayınız ve asılı ağırlığa ait kütle değerlerini **TABLO 3.1**'e "m_a" olarak kaydediniz.
- Işık kapısı üzerindeki ayar düğmesini "GATE" konumuna getiriniz.
- Kızağı rayın ucuna yakın bir yere; bir "x_0" konumuna yerleştiriniz ve bu konumda sabit tutunuz.
- Işık kapısı üzerinde yer alan "RESET" düğmesine basınız.
- Kızağı sabit tuttuğunuz "x_0" noktasında serbest bırakınız. Serbest bırakılan kızağın ilk ışık kapısından geçme zamanını "t_1" ve ikinci ışık kapısından geçme zamanını "t_2" olarak **TABLO 3.1**'e kaydediniz.
- Işık kapısı üzerindeki ayar düğmesini "PULSE" konumuna getiriniz.
- "RESET" düğmesine basınız.
- Kızağı tekrar "x_0" noktasına yerleştiriniz ve kızağın iki ışık kapısı arasındaki mesafeyi geçme süresini "t_3" olarak **TABLO 3.1**'e kaydediniz. Bu ölçümü en az üç kez tekrarlayıp ölçümlerin ortalamasını "t_3" olarak **TABLO 3.1**'e kaydediniz.
- Toplam kütle "$m+m_a$" değişmeyecek şekilde, kızaktan askıya doğru kütleleri hareket ettirerek "m_a" yı değiştirip yukarıdaki işlemleri tekrarlayınız. Bu ölçümü "m_a" nın 5 farklı değeri için tekrarlayınız.
- Şimdi, "m_a" yı önceden kullanılan bir değerde sabitleyiniz. Kızağa kütle ekleyerek ya da çıkartarak "m" yi değiştiriniz ve yukarıdaki işlemleri tekrarlayınız. Bu işlemi "m" nin en az 5 farklı değeri için yapınız.(**TABLO 3.2**)

III.2. Hesaplamalar:

- Kızağın herbir ışık kapsından geçişini temsil eden “V_1” ve “V_2” hızlarını belirlemek için kızağın “etkin” uzunluğunu ve bu etkin uzunluğun ışık kapısından geçiş zamanlarını kullanınız.
- Kızağın iki ışık kapısı arasından geçiş ivmesini belirlemek için $a = {(V_2 - V_1)}/{t_3}$ bağıntısını kullanınız.
- Kızağa asılı kütlenin uyguladığı “F_a” kuvvetini belirleyiniz.
  ($F_a = m_a g$; g=9.8 m/s^2=980 cm/s^2)

III.3. Analiz:

- Ortalama ivmeyi, uygulanan kuvvetin (F_a) bir fonksiyonu olarak gösteren bir grafik çiziniz.
- Sabit tutulan “m_a” kütlesi ile birlikte kızağın kütlesinin fonksiyonu olarak ivmenin ikinci grafiğini çiziniz.
- Grafiklerinizi dikkatli bir şekilde test ederek, uygulanan kuvvet, kütle ve kızağın ortalama ivmesi arasındaki ilişkiyi belirlemek için grafiklerinizi kullanınız.
- Sonuçlarınızı bulgularınız doğrultusunda tartışınız. Deneyde sadece iki ışık kapısı arasındaki ivme değerini ölçtünüz. Sonuçlarınızın anlık ivme için de doğru olduğuna inanmanızı sağlayacak nedenlere sahip misiniz? Açıklayınız.

Kızağın uzunluğu : L =…………….cm=……………….m

TABLO 3.1:

m	m_a	t_1	t_2	t_3	v_1	v_2	a	F_a

TABLO 3.2 :

m	$m_{a=sbt.}$	t_1	t_2	t_3	v_1	v_2	a	F_a

DENEY 4 BASİT HARMONİK HAREKET

I. Amaç:

Hooke kanununun ve basit harmonik hareketin incelenmesi.

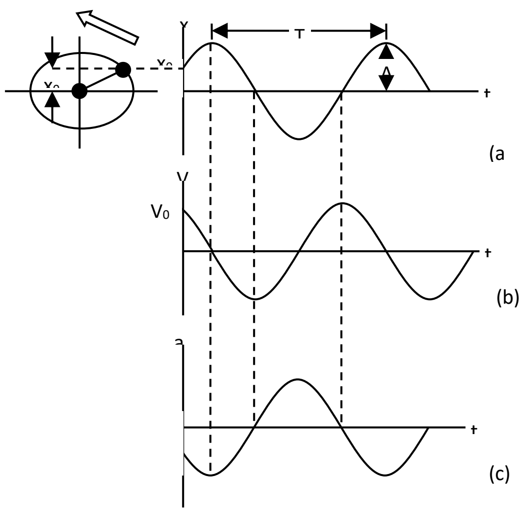
II. Bilgi:

Doğada salınım veya diğer bir deyişle periyodik (kendini tekrar eden) hareket sıkça karşımıza çıkan bir hareket türüdür. Duvar saati sarkacının hareketi, atomların katı içindeki hareketleri gibi hareketler birer örnektir. Basit Harmonik Hareket salınım hareketinin en basit örneğidir. **Bir cismin hareketi sırasında koordinatlarındaki değişimin zamana bağlılığı sinüsoidal ise, cismin yaptığı hareket Basit Harmonik Hareket olarak adlandırılır.** Basit Harmonik Hareket basitçe, bir yayın ucuna asılı *m* kütlesi ile temsil edilebilir. Bir spiral yay esneklik sınırları içinde gerilir veya sıkıştırılırsa, gerilme veya sıkışmaya neden olan cisim üzerine,

$$F = -kx \tag{4.1}$$

ile verilen bir kuvvet uygular. Burada *x*, cismin gerilmemiş (x = 0) konumuna göre yer değiştirmesi, *k* ise yayın kuvvet sabiti olarak adlandırılan pozitif bir sabittir. Yaylar için bu ifade *Hooke kanunu* olarak bilinir. *k*'nin değeri yayın sertliğinin bir ölçüsüdür. Sert yayların *k* değerleri büyük, yumuşak yaylarınki ise küçüktür. Eşitlikteki eksi işareti kuvvetin daima yer değiştirme ile zıt yönlü olduğunu ifade eder. Yay kuvveti daima denge noktası yönünde etkidiği için geri çağırıcı kuvvet olarak adlandırılır. Bir parçacık üzerine etkiyen kuvvet, yer değiştirmeyle doğru orantılı ve onunla zıt yönde ise, parçacık basit harmonik hareket yapar.

Bir doğru boyunca yapılan basit harmonik hareket, düzgün dairesel hareketin bir çap üzerindeki izdüşümü ile temsil edilebilir.



Şekil 4.1: Basit harmonik hareketin grafik gösterimi (a) Zamana göre yer değiştirme, (b) Zamana göre hız, (c) Zamana göre ivme

x ekseni boyunca hareket eden bir cismin, denge konumundan ölçülen yer değiştirmesinin zamana göre değişimi,

$$x = A\cos(\omega t) \tag{4.2}$$

bağıntısına göre belirleniyorsa, cisim basit harmonik hareket yapıyor denir. Burada A, *hareketin genliği* olup pozitif x veya negatif x yönündeki en büyük yer değiştirme olarak tanımlanır. ω sabitine *açısal frekans* denir ve birimi rad/s 'dir. T *periyod*u, parçacığın hareketinin bir tam devrini tamamlaması için gereken süredir. x'in t anındaki değeri, x'in t + T anındaki değerine eşittir. Hareketin periyodu,

$$T = 2\pi / \omega \tag{4.3}$$

ile verilir. Frekans ise periyodun tersi olup parçacığın birim zamanda yaptığı titreşimlerin sayısını gösterir.

$$f = \frac{1}{T} = \omega / 2\pi \tag{4.4}$$

Frekans birimi devir/s veya *hertz* (Hz)'dir.

Basit harmonik hareket yapan bir parçacığın hızını, yer değiştirmenin zamana göre türevini alarak bulabiliriz:

$$V = \frac{dx}{dt} = -\omega A\sin(\omega t) \tag{4.5}$$

Parçacığın ivmesi dV/dt ile verilir:

$$a = \frac{dV}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = -\omega^2 A\cos(\omega t)$$

$$a = -\omega^2 x \tag{4.6}$$

biçiminde ifade edebiliriz. Görüldüğü gibi basit harmonik harekette parçacığın ivmesi, yer değiştirme ile orantılı fakat zıt yöndedir.

Ayrıca periyot T = 2π/ω ile verildiğinden sistem için hareketin periyodu,

$$T = 2\pi\sqrt{m/k} \tag{4.7}$$

olarak ifade edilebilir.

Bir kütle-yay sisteminde, m kütlesinin salınıma başlamadan önceki konumu koordinat sisteminin başlangıcı (x = 0) olarak seçilirse, yay x kadar uzatıldığında veya sıkıştırıldığında potansiyel enerji ifadesi,

$$E_P = kx^2/2 \tag{4.8}$$

ile verilir. Buna göre x_1 ve x_2 gibi iki konum için potansiyel enerji değişimi,

$$\Delta E_P = k(x_2^2 - x_1^2)/2 \tag{4.9}$$

olur.

III. Deneyin Yapılışı

1- Yay Sabitinin Bulunması:

- Yayın kütle asılmadan önceki x_0 konumunu belirleyiniz.
- Yaya sırası ile 100, 200,......., 500 g'lık kütleler asarak her durumda yaydaki uzamayı kaydediniz.
- Yay sabitleri farklı üç yay için deneyi tekrarlayınız.
- Her yay için, yaya uygulanan kuvveti yaydaki uzamaya karşı noktalayınız, yani F = f(x) grafiğini çiziniz.
- Elde edilen grafiklerden her yay için yay sabitini bulunuz.

2- Yayın Potansiyel Enerji Değişimi:

- Yayalardan birine 10 g'lık kütle asınız.
- Cismi alttan destekleyerek, yay dengedeki boyundan 1,5 cm kadar kısalacak şekilde kaldırınız.
- Cismi serbest bırakınız ve düştüğü noktayı tespit ediniz. Cismin bırakıldığı konumları değiştirerek ölçümleri tekrarlayınız.
- Cismin yere göre potansiyel enerjisindeki azalma ile yayın potansiyel enerjisindeki artışı ölçüm sonuçlarından faydalanarak bulunuz.
  Yer çekimi ivmesi için g = 980 cm/s^2 alınız

IV. Veriler

1. yay için veriler:

x_0 =................................cm

TABLO 1.1:

m(g)	F (dyn)	x_1- x_0 (cm)

2. yay için veriler:

x_0 =.................................cm

TABLO 1.2:

m(g)	F (dyn)	x_1- x_0 (cm)

3. yay için veriler:

x_0 =.................................cm

TABLO 1.3:

m(g)	F (dyn)	x_1- x_0 (cm)

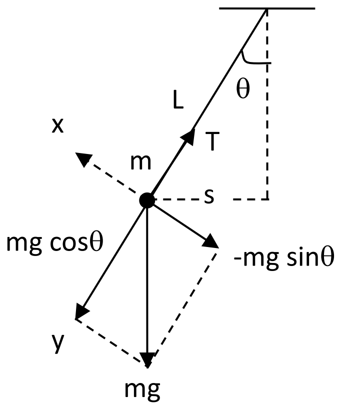
DENEY 5 BASİT VE TERSİNİR SARKAÇ

I. Amaç:

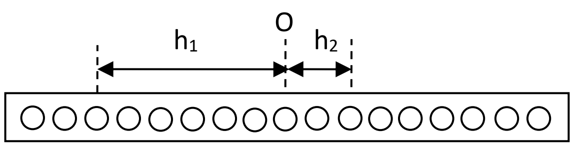
Basit ve tersinir sarkaç yardımıyla yerçekimi ivmesinin bulunması.

II. Bilgi:

Basit sarkaç, periyodik salınım hareketi yapan bir mekanik sistemdir. Sarkaç L uzunluğundaki hafif bir ipin ucuna asılmış noktasal bir m kütlesinden oluşur. Kütle denge konumundan bir tarafa doğru yükseltilip serbest bırakılacak olursa, yerçekimi kuvvetinin etkisi ile düşey düzlem içerisinde harmonik hareket yapar. Denge konumundan uzaklaştırılan sarkaç, kazandığı potansiyel enerjiyi kinetik enerjiye ve kinetik enerjisini tekrar potansiyel enerjiye dönüştürerek hareketini sürdürür.



Şekil 5.1: Basit Sarkaç.



Şekil 5.2: Tersinir Sarkaç.

Şekil 5.1'de görüldüğü gibi basit sarkaç denge durumundan sola doğru yükselirken, m kütlesi üzerine etkiyen kuvvetler m**g** ve ipteki **T** gerilmesidir. Koordinat eksenleri şekildeki gibi seçildiğinde, m**g** ağırlığının y-ekseni doğrultusundaki bileşeni mg.cosθ=T 'dir. Bu kuvvet, kütleyi yörünge üzerinde tutmak için gerekli olan merkezcil ivmeyi sağlar. x-ekseni doğrultusundaki bileşen ise, m kütlesini denge konumuna getirmeye zorlayan kuvvettir. Bu kuvvet,

$$F = -mg\sin\theta \tag{5.1}$$

dır. m kütlesinin yer değiştirme miktarı,

$$s = L\sin\theta \tag{5.2}$$

olur. Ancak küçük açılar için $\sin\theta \cong \theta$ alınabileceğinden,

$$F = -mg\theta = -mgs/L \tag{5.3}$$

bulunur. Dolayısıyla, küçük salınımlar için kuvvet yer değiştirme ile orantılı olmakta ve yer değiştirmeye ters olarak yönelmektedir. Bu durum hareketin basit harmonik hareket olduğunu gösterir. Harmonik hareketi oluşturan kuvvet,

$$F = -kx$$

olduğundan, (5.3)'den k = mg/L yazılabilir.

Basit harmonik hareketteki periyot ifadelerinden, basit sarkaçtaki periyot formülüne ulaşılır.

$$\tau = 2\pi\sqrt{m/k} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{mg/L}} \tag{5.4}$$

$$\tau = 2\pi\sqrt{L/g} \tag{5.5}$$

ifadesi bulunur. Buradan yerçekimi ivmesi,

$$g = 4\pi^2 L/\tau^2 \tag{5.6}$$

olarak bulunur. Yerçekimi ivmesinin boyutu $[g] = [L]/[T^2]$ olduğundan, CGS'de cm/s^2 ve MKS'de m/s^2 birimlerindedir.

Tersinir sarkaç, kütle merkezinden geçmeyen sabit bir eksenden asılan herhangi bir katı cisimden ibarettir. Sistem denge konumundan ayrılırsa salınım hareketi yapacaktır. **Şekil 5.2**'deki gibi üzerinde düzgün delikler bulunan çubuğu O noktasından asalım. Çubuğun G ağırlık merkeziyle O noktası arası h_1 olsun. Denge konumundan küçük açı yapacak şekilde ayrılıp serbest bırakıldığında çubuğun salınım periyodu τ olsun. Çubuk G ağırlık merkezinin diğer tarafında h_1 noktasına simetrik olmayan h_2 noktasından asılıp salındığında yine τ periyodu bulunsun. Bu durumda $L = h_1 + h_2$ olur ve periyot ifadesi,

$$\tau = 2\pi\sqrt{L/g} = 2\pi\sqrt{\frac{h_1 + h_2}{g}} \tag{5.7}$$

olarak elde edilir.

III. Deneyin Yapılışı:

1- Basit Sarkaç

- Sarkaç ipinin L uzunluğunu, ipin ucuna takılan kütlenin yüzeyinden itibaren cetvel yardımıyla 4 defa ölçünüz ve **TABLO 5.1**'e kaydediniz. Ölçtüğünüz uzunluğa sarkaç kütlesinin r yarıçapını kumpas yardımıyla bularak ekleyiniz. Bulduğunuz sayı sarkacın uzunluğudur. Ortalama sarkaç uzunluğunu bulunuz.

$\ell_0 = \frac{1}{n}\sum \ell_i$ = ...cm

- Sarkacı denge konumundan küçük bir açı (≈5°) yapacak kadar saptırıp serbest bırakınız. Sarkacın periyodunu bulmak için ard arda aynı yönde iki geçişi arasındaki zaman ölçünüz. Hata oranını azaltmak için her seferinde 10 periyotluk zamanı dört defa ölçünüz ve **TABLO 5.2**'ye kaydediniz. Ortalama periyot değerini elde ediniz.

  $\tau_0 = \frac{1}{n}\sum \tau_i$ =..............................s

- Hata hesabı aşağıdaki formüllerden faydalanılarak yapılır.

  $$\Delta \ell = \pm \sqrt{\frac{\sum (\Delta \ell_i)^2}{n(n-1)}}$$

  $$\Delta\tau = \pm \sqrt{\frac{\sum (\Delta \tau_i)^2}{n(n-1)}}$$

  g yerçekimi ivmesindeki göreli hata,

  $\Delta g/g = \Delta L/L + 2\ \Delta\tau/\tau$

  ifadesinden hesaplanır.

- Uzunlukları farklı 5 sarkaç için periyot ölçümleri yapınız ve sonuçları **TABLO 5.3**'e kaydediniz.
- $L = f(\tau^2)$ grafiğini çizerek grafiğin eğiminden g yerçekimi ivmesini hesaplayınız.

TABLO 5.1: r =.............cm $\ell_i = L_i + r$

	L_i (cm)	ℓ_i (cm)	$\Delta\ell_i = \ell_0 - \ell_i$	$(\Delta\ell_i)^2$
1				
2				
3				
4				

TABLO 5.2:

	$10\tau_i$ (s)	τ_i (s)	$\Delta\tau_i = \tau_0 - \tau_i$	$(\Delta\tau_i)^2$
1				
2				
3				
4				

TABLO 5.3:

	L_i (cm)	ℓ_i (cm)	$10\tau_i$ (s)	τ_i (s)	τ_i^2 (s^2)
1					
2					
3					
4					
5					

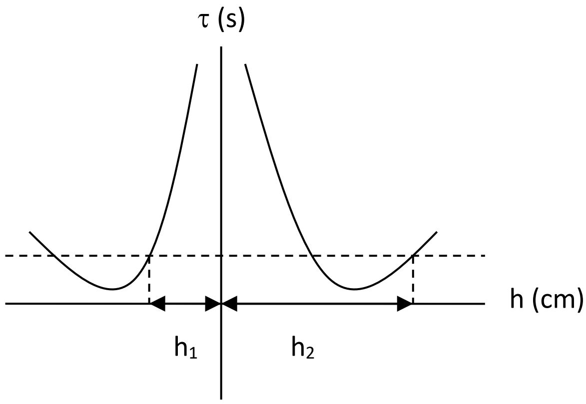
2- Tersinir Sarkaç

- Çubuğu orta noktasındaki deliklerden yatay konumda asarak G ağırlık merkezine karşılık gelen deliği bulunuz ve işaretleyiniz.
- Çubuğu uç tarafındaki deliklerden başlayarak her birinden sırasıyla asarak, her delik için 10 periyotluk süreyi ölçünüz ve **TABLO 5.4**'e kaydediniz. Buradan, her delik için ortalama periyodu hesaplayınız.
- Her deliğin G ağırlık merkezine olan h uzaklığını ölçünüz ve **TABLO 5.4**'e kaydediniz.
- τ= f(h) grafiğini çizdikten sonra, aynı periyotla salınan basit sarkacın L uzunluğunu bulmak için, şekildeki gibi eğrilerin dört noktasını kesecek şekilde h eksenine bir paralel çiziniz ve grafik üzerinden,

  $L = h_1 + h_2$ =....................cm

  τ = ...s

  değerlerini bulunuz.



Şekil 5.3: Tersinir sarkaç için $\tau = f(h)$ grafiği.

- $\tau = 2\pi \sqrt{L/g} = 2\pi\sqrt{\dfrac{h_1 + h_2}{g}}$ formülünde bilinen değerleri yerine koyarak g yerçekimi ivmesini hesaplayınız.

TABLO 5.4:

Delik No	h (cm)	Sol Taraf $10\tau_i$ (s)	Sol Taraf τ_i (s)	Sağ Taraf $10\tau_i$ (s)	Sağ Taraf τ_i (s)
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					