



FİZİK 1 LABORATUVARI DENEYLERİ

ANKARA 2013

FİZİK 101 LABORATUVARI ÖĞRENCİLERİNE

1. Her öğrenci kendisine ayrılan ve ilan edilen laboratuvar saatinde laboratuvarında yerini almış olmalıdır.
2. Öğrenci laboratuvara gelmeden önce, o gün yapacağı deney ile ilgili temel bilgileri, deney düzeneğini ve deneyin kılavuzunu çalışmış ve anlamış olmalıdır.
3. Laboratuvar asistanları deney öncesi, öğrencilere yapacağı deney ile ilgili küçük bir sınav yapacaklardır.
4. Öğrenciler deney sonunda öğrendikleri bilgileri, topladıkları verileri ve gerekli grafikleri çizerek hazırladıkları deney raporunu deney sorumlusuna teslim ederler.
5. Her öğrenci, her bir deney için (grup arkadaşlarından ayrı) bir rapor hazırlar.
6. Her öğrenci çizeceği grafikler için kendi grafik kâğıdını getirmek zorundadır.
7. Öğrencilere yaptıkları her bir deney için bir quiz notu ve bir de rapor notu verilecektir.
8. **Dönem sonu ders geçme notu, quiz ortalaması (%10), rapor ortalaması (%50), dönem sonunda yapılan uygulamalı final notunun (%40) katkısı ile belirlenir.**
9. Devamsızlık veya telafi sınırı 2 deneydir. Daha fazla sayıda deneye gelmeyen öğrenci dönem sonu sınav hakkını kaybeder. Başka bir deyişle, laboratuvar dersinden kalmış olur.
10. Mazereti nedeni ile laboratuvara gelemeyen öğrencilere final sınavlarından önce yapmadıkları deneyleri yapma hakkı tanınır.

Öğrenci laboratuvarında bulunan cihaz ve düzeneklerin diğer arkadaşlarının da kullanacağı şekilde, sağlam ve kullanıma hazır kalması için titiz ve sorumlu davranmalıdır.



LABORATUAR ÇALIŞMASINDA ÖĞRENCİNİN YANINDA BULUNDURMASI

ZORUNLU OLAN ARAÇLAR

- 1-Çizgisiz Kâğıt
- 2-Grafik Kâğıdı
- 3-Cetvel
- 4-Hesap Makinesi
- 5-Kalem (Kurşun ve Tükenmez)
- 6-Silgi

DİKKAT EDİLMESİ GEREKENLER

- 1- Laboratuarda bir sınıfta uyulması gereken tüm kurallara uyulmalıdır.
- 2- Kullanılacak fiziksel ifadelerde birim sistemleri dikkate alınmalıdır.
- 3- Deney kitapçığındaki ara işlemler öğrenci tarafından kontrol edilerek, tekrarlanmalıdır.
- 4- Birimlerin yazılması unutulmamalıdır.
- 5- Amaç –sonuç ilişkisi kurulmalıdır.
- 6- Grafik çizim kurallarına uyulmalıdır.
- 7- Grafikte eğim bulmak için nokta seçerken veri noktaları dışında, ara bölgelerden seçim yapılmalıdır.
- 8- Deneyin yorum kısmında: Sonuçlar nasıl çıktı?

(Beklenildiği gibi mi yoksa farklı mı?)

Hatalar nereden kaynaklanabilir?

Nasıl giderebiliriz?

Şeklindeki sorulara yanıt aranmalıdır.



FİZİKTE ÖLÇME, HATA HESABI VE GRAFİK ÇİZİMİ

DENEYİN AMACI: Bu deneyde laboratuvar öğrencilerine, sistematik olarak yaptıkları ölçümlerin ve hesaplamaların sonuçlarını, hata payları ve anlamlı sayılar cinsinden nasıl ifade etmeleri gerektiği ve bu ölçümlerden yola çıkarak nasıl grafik çizimleri gerektiğinin öğretilmesi amaçlanmaktadır.

İLGİLİ KONULAR: Hata hesabı, anlamlı sayılar, grafik çizimi.

TEORİ:

Fizikte hiçbir ölçüm hatasız değildir. Deneylerde bulunan sayısal sonuçlar ölçüm hataları belirlenmedikçe hiçbir anlam ifade etmez. Yani her ölçülen sonuçta, bu sonucun anlamlılık sınırları, yani hata sınırları belirtilmelidir. Laboratuvar çalışmalarında tek amaç, fiziksel sabitlerin ölçümü ya da verilerin geniş kapsamlı istatistik analizi değildir. Bununla birlikte, ölçüm sonuçlarının hangi sınırlar içinde anlamlı olduğunun saptanması gerekir. Bu amaçla hataların saptanmasına ilişkin bazı pratik bilgiler aşağıda sunulmuştur.

İki tür hata vardır : Sistemik Hatalar ve İstatistiksel Hatalar.

A) Sistemik hatalar :

Bu tip hatalar, adından da anlaşılacağı gibi sistemin kendisinden gelen sabit hatalardır ve sonucu sürekli olarak aynı yönde etkilerler. Örneğin, 1 kilogramdan daha ağır bir kilo ile ağırlıklar ölçülmüşse, ölçüm sonucu aynı oranda daha küçük olacaktır. Bu tip hataların var olması durumunda hatalar tek yönlüdür; sonuç ya sürekli daha büyük ya da daha küçüktür. Sistemik hatalar aşağıdaki yöntemlerle azaltılabilir.

1. Ölçüm sonucunda gerekli düzeltme yapılarak
2. Ölçü sistemindeki hata giderilerek
3. Ölçüm yöntemi değiştirilerek

B) İstatistiksel Hatalar :

Fizikte ölçüm hassaslığının doğal olarak sınırlı oluşundan, ölçülen nesne ya da ölçüm sistemindeki kararsızlıklardan kaynaklanan, genellikle küçük ve çift yönlü hatalardır. Bu tip

hataların varlığı, aynı ölçümün çok sayıda yinelenmesiyle görülebilir. Ölçülen sonuçlar birbirinden farklı olup belirli bir değer çevresinde dağılım gösterir. Bu hatalar ölçüm sonuçlarından ayıklanamaz, ancak hata paylarının ve ölçülen büyüklüğün hangi sınırlar içinde anlamlı olduğunun yaklaşık olarak saptanması olasıdır. Bu tip hataların ölçüm sonuçlarına etkisi, aynı ölçümün çok sayıda yinelenmesi ve sonuçların istatistik değerlendirilmesiyle azaltılabilir.

Bir fiziksel büyüklük x , N kez ölçüldüğünde, ölçüm sonuçları $x_1, x_2, \dots, x_N$ olsun. x 'in ortalama değeri $\bar{x}$,

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_N) / N \quad (1)$$

olarak verilir. $\bar{x}$ değeri, x 'in en yaklaşık değeridir. O halde bir büyüklük N kez ölçülmüşse, ortalama değerini ölçüm sonucu olarak alabiliriz. Bulunan ölçüm sonucunun anlamlılığı, ölçüm sayısı N ile orantılı olarak artar. Ancak deneylerde pratik sayıda tekrarla yetinmek zorundayız.

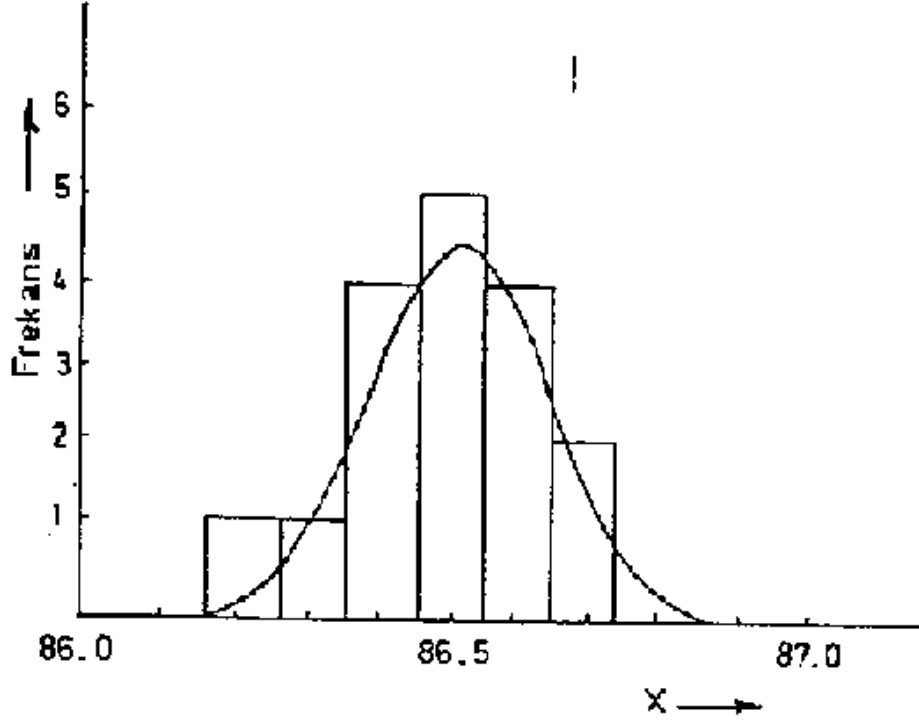
$\bar{x}$ ortalama değerindeki hata nedir? Bunu saptamak için aşağıdaki tabloda görüleceği şekilde “histogram” dediğimiz dağılım tablosundan yararlanabiliriz. Örneğin, zaman ölçümü yaptığımız bir deneyi 17 kez tekrarlayalım ve aşağıdaki veriler elde edilmiş olsun.

ÖLÇÜM SAYISI	ZAMAN	ÖLÇÜM SAYISI	ZAMAN
1	86.2	9	86.8
2	86.5	10	86.5
3	86.4	11	86.5
4	86.5	12	86.4
5	86.7	13	86.6
6	86.6	14	86.3
7	86.6	15	86.7
8	86.5	16	86.4
9	86.4		

Bu sonuçlar incelendiğinde, görüleceği gibi 5 kez 86.5, 4 kez 86.4 vs. ölçülüyor. Eğer ölçülen değere karşılık, bu değer kaç kez ölçüldüğünü bir grafik üzerinde gösterirsek, şekildeki gibi bir histogram ya da frekans dağılım eğrisi elde ederiz. (Şekil 1).

Bu eğri öğrencinin laboratuardaki ölçümleri sonunda elde edeceği dağılım eğrisine tipik bir örnektir. Ölçüm sayısı artırıldıkça (yani N büyüdükçe) eğri Gauss eğrisi ya da Normal Dağılım eğrisine daha yakın bir uyum gösterecektir.





Şekil 1. Frekans dağılım eğrisi

(1) bağıntısıyla elde edilen $\bar{x}$ değerinin ne derece anlamlı olduğunun bilinmesi gerekir. Bu örnek için $\bar{x} = 86.5$ 'tir.

Hataların saptanmasında kullanılan genel bir yöntem, ortalama sapma değerinin belirlenmesidir. Örneğin x_i ölçümündeki sapma,

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

ve bu ölçüme ait ortalama sapma,

$$\bar{d} = (|d_1| + |d_2| + |d_3| + \dots + |d_N|) / N \quad (2)$$

dır. Ortalama sapma değerlerinin aritmetik ortalaması, istatistiksel hata olarak alınabilir. Biraz önceki 17 ölçüm yapılan deneye dönersek (2) bağıntısını kullanarak $\bar{d} = 0.1$ s bulunur. x için ölçüm sonucu $x = \bar{x} \pm \bar{d}$ ya da $x = (86.5 \pm 0.1)$ s şeklinde ifade edilir.

Bazı hallerde hatalar hata yüzdesi olarak verilir. Bu durumda hata yüzdesi $(\bar{d} / \bar{x}) \times 100$ % olacağından daha önceki örnek için hata yüzdesi $(0.1/86.5) \times 100$ % = 0.1 % ve dolayısıyla ölçüm sonucu,

$$x = 86.5 \text{ s} \pm 0.1\%$$

olarak bulunur.



Bu örnekten görüleceği gibi, yapılan N ölçüm için ortalama değerden sapma, ölçülen değerin hassaslığının saptanmasında bir ölçü olabilir. Ancak bu sapma miktarı gerçek hata değildir. Bu yalnızca istatistiksel hatanın saptanmasında bir yaklaşım olarak düşünülmelidir. Laboratuvar çalışmalarında öğrenci, ortalama değerden sapma olmasına rağmen, $\bar{d}$ 'yi hata olarak alabilir. Bir seri ölçüm sonucunda, $\bar{d}$ nin küçük olması $\bar{x}$ 'in hassas olarak ölçüldüğünü, büyük olması da $\bar{x}$ in daha az hassaslıkla ölçülmüş olduğunu gösterir. Yani, ortalama sapma istatistiksel 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.

İstatistiksel hataların saptanmasında çok kullanılan başka bir yöntem de

$$\sigma = \sqrt{\frac{(d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + \dots + d_N^2)}{N}} \quad (3)$$

denklemini ile verilen Standart sapmayı kullanmaktır. 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. Dağılımın Gauss eğrisi olması halinde sonuçları yüzde seksen beş olasılıkla, ortalama değer standart sapma aralığında olacaktır.

Ölçümlerin çok sayıda yinelenmesi 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. Örneğin, en küçük bölümü 1mm olan bir metreyle ölçülen uzunluk için, olası en büyük hata $\Delta x = 0.5\text{mm}$ olacaktır. Bu durumda ölçülen bir x uzunluğunun gerçek değeri $x - \Delta x$ ve $x + \Delta x$ arasında değişecektir.

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



$r = f(x, y, z)$ bağıntısıyla verilen r fizikî büyüklüğünün, x, y, z büyüklüklerinin ölçümüyle hesaplanacağını 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. Pratik olmayan bu ifade aslında kısmi türevler şeklinde yazılabilir. Yani,

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

Yukarıdaki ifadenin uygulanması ile ilgili birkaç örnek aşağıda verilmiştir.

Örnekler

1. Kalem pillerin bilinen voltajı 1,5 V olup, gerçekte hepsinde bir hata payı vardır.
 - a) Hassas olmayan bir voltmetreyle ölçüm yapıldığında, seçilen iki pilde okunan voltaj değerleri 1,4 V ve 1,6 V oluyor.
 - b) Hassas bir voltmetreyle yapılan 2. ölçümde aynı pillerin voltaj değerleri 1,47 V ve 1,53 V olarak ölçülüyor.Buna göre aynı marka iki pildeki hata payları için ne yazılabilir?

Cözüm:

1.ölçüm: $1,5 \text{ V} \pm 0,1 \text{ V}$

2.ölçüm: $1,50 \text{ V} \pm 0,03$

- ♦ *Ölçü aleti hassaslaştıkça yani skala daha da küçük aralıklara bölündükçe, hata oranı azalır.*

2. Hava masası üzerinde yapılan bir deneyde, yayın her ölçümde eşit miktarda sıkıştırılmasıyla fırlatılan cismin, masanın diğer ucuna gelme süreleri kaydediliyor. Deney sonuçları aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Deney No	Süre(s)
1	10,2
2	9,6
3	10,5
4	10
5	9,4



Buna göre:

- Maksimum olası hata,
- Ortalama olası hata,
- Olası hata,
- Standard sapmayı bulunuz.

Cözüm:

a) Maksimum olası hata = $\frac{t_{\max} - t_{\min}}{2}$

Bu durumda $M_{ho} = (10,5 - 9,6)/2 = 0,45$ 'tir.

Tüm ölçümlerin ortalaması alındığında:

$$\bar{t} = \frac{\sum t_n}{n} = \frac{10,2 + 9,6 + 10,5 + 10 + 9,4}{5} = 9,94 \text{ s}$$

Buna göre maksimum hata oranı, ortalama değere göre yazılarak $9,94 \pm 0,45$ bulunur.

- b) Ortalama olası hatayı bulabilmek için yeni bir tablo yapalım.

Deney No	Sapma (ölçülen değer-ortalama değer) (saniye)
1	10,20-9,94=0,26
2	9,60-9,94=-0,34
3	10,50-9,94=0,56
4	10,00-9,94=0,06
5	9,40-9,94=-0,54

Buna göre ortalama sapma $\bar{d} = \frac{\sum |d_n|}{n} = \frac{0,26 + 0,34 + 0,56 + 0,06 + 0,54}{5} = 0,35$

Bu durumda olası ortalama hata 0.35 olup sonuç $9,94 \pm 0,35$ olarak bulunur.

◆ Çözümde de görüldüğü gibi, sapma değerleri (-) veya (+) işarete dikkat etmeden, mutlak büyüklük olarak alınır.

- c) Ortalama sapmanın, N ölçüm sonunda bulunan anlamlı değeri, istatistik teorilerine göre kısaca A.D olarak tanımlanır.



$$A.D = \frac{\text{ortalama sapma}}{\sqrt{\text{ölçüm sayı}} = \frac{0,35}{\sqrt{5}} = 0,16$$

Bu durumda olası hata 0.16 olup sonuç $9,94 \pm 0,16$ 'dır.

♦ Görüldüğü gibi olası hata, maksimum olası hatadan ve olası ortalama hatadan küçüktür. Hata hesaplamaları yüzeyselleştikçe, hata oranı büyür. Hesabı en kolay olan maksimum hata olasılığı da bu nedenle en büyük değeri gösterir.

d) Standard sapma $= \sigma = \sqrt{\frac{\sum d_n^2}{n}}$ formülüyle hesaplanır.

Gerçeğe en yakın hata hesabı da $\tilde{x} \pm \sigma$ bağıntısı kullanılarak bulunur.

Buna göre $\sigma = \sqrt{\frac{0,26^2 + 0,34^2 + 0,56^2 + 0,06^2 + 0,54^2}{5}} = 0,12$ 'dir.

Gerçeğe en yakın hata 0.12 olup değerimiz $9,94 \pm 0,12$ 'dir.

Soru: Bir ayakkabıcıdan seçilen 42 numara erkek ayakkabılarının 5 çiftinin sağ tekleri alınıyor. Her birinin aşağıdaki tabloda gösterildiği gibi farklı uzunluklarda olduğu gözleniyor. Buna göre

- İmalattaki maksimum hata payını,
- İmalattaki ortalama hata payını,
- İmalattaki hata payını,
- Gerçeğe en yakın hata payını bulunuz.

Ayakkabı No	Ölçülen değer (cm)
1	22
2	23
3	20
4	21
5	24



Çeşitli Hesaplamalarda Hataların Kombinasyonu

Toplama ve Çıkarma İşlemlerinde Hata Hesabı:

1. Bir K cisiminden x boyutunda, L cisiminden de y boyutunda birbirine birleştirilecek iki malzeme alındığında toplam boyut:

$$R=x+y \text{ dir.}$$

x'in ölçümü sırasında Δx , y'nin ölçümü sırasında da Δy kadar hata yapıldığı varsayılırsa, bu durumda toplam boyut:

$$R \pm \Delta R = (x \pm \Delta x) + (y \pm \Delta y) \text{ yani } R \pm \Delta R = (x+y) \pm (\Delta x + \Delta y) \text{ olur.}$$

Bağıntılarda da görüldüğü gibi $\Delta R = (\Delta x + \Delta y)$ 'dir.

KURAL 1: Toplamdaki hata, hatalar toplamına eşittir.

2. x uzunluğundaki K malzemesinden, y uzunluğunda bir parça kesildiğinde kalan parça:

$$R=x-y \text{ dir.}$$

Yukarıdaki gibi x'in ölçümü sırasında Δx , y'nin ölçümü sırasında da Δy kadar hata yapıldığı varsayılırsa, bu durumda boyut:

$$R \pm \Delta R = (x \pm \Delta x) - (y \pm \Delta y) \text{ yani } R \pm \Delta R = (x-y) \pm (\Delta x + \Delta y) \text{ olur.}$$

Buna göre de $\Delta R = (\Delta x + \Delta y)$ 'dir.

KURAL 2: Farktaki hata, toplamda olduğu gibi hatalar toplamına eşittir.

Örnek: K ve L birbirine eklenecek parçalardır. K'nın boyu $5,5 \pm 0,2$ cm ve L'nin boyu da $10,5 \pm 0,1$ cm'dir. Buna göre ekleme sonucundaki maksimum hata payını bulunuz.

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

Buna göre $R_{\max} = 16,3$ cm ve $R_{\min} = 15,7$ cm'dir.

$$\tilde{R} = \frac{R_{\max} + R_{\min}}{2} = \frac{16,3 + 15,7}{2} = 16,0 \text{ cm'dir.}$$

$$\text{Maksimum hata olasılığı da } \frac{R_{\max} - R_{\min}}{2} = \frac{16,3 - 15,7}{2} = 0,3 \text{ 'tür.}$$

Bu durumda R de $16,0 \pm 0,3$ cm'dir.

Çarpma ve Bölme İşlemlerinde Hata Hesabı:

1. Boyu x, eni de y olarak ölçülen malzemenin alanı:

$$S=x.y \text{ 'dir.}$$

Hata olasılığı ile düşünürsek, alan:

$$S \pm \Delta S = (x \pm \Delta x).(y \pm \Delta y)$$

$$S \pm \Delta S = x.(1 \pm \frac{\Delta x}{x}).y.(1 \pm \frac{\Delta y}{y})$$

$$S \pm \Delta S = x.y.(1 \pm \frac{\Delta x}{x} \pm \frac{\Delta y}{y} + \frac{\Delta x.\Delta y}{x.y}) \text{ olur.}$$

$\frac{\Delta x.\Delta y}{x.y}$ ifadesi $\frac{\Delta x}{x}$ ve $\frac{\Delta y}{y}$ ifadelerine göre çok küçük olup ihmal edilebilir.

$$\text{Buna göre: } S \pm \Delta S = x.y.(1 \pm \frac{\Delta x}{x} \pm \frac{\Delta y}{y})$$

$$S \pm \Delta S = x.y \pm x.y (\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}) \text{ olur. } S=x.y \text{ olduğu için de}$$

$$\Delta S = x.y (\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}) \text{ yani } \Delta S = S.(\frac{\Delta x}{x} + \frac{\Delta y}{y}) \text{ 'tir.}$$

♦ Bu durumda hata yüzdesi de $\frac{\Delta S}{S} \times 100$ bağıntısıyla hesaplanır.

KURAL 3: S'deki ($S=x.y$ ya da $S=x/y$) hata oranı, x ve y 'deki hata oranları toplamına eşittir.

♦ $R = x^n = x.x.x.x....$ ise, aynı yaklaşımla $\frac{\Delta R}{R} = n(\frac{\Delta x}{x})$ olur.

KURAL 4: Üstlü ifadelerdeki hata oranı üssün ölçümdeki hata oranı ile çarpımına eşittir.

Örnek: Bir yayın ucuna m kütleli cisim takılarak, kronometre ile periyodu ölçülüyor.

$T=2\pi\sqrt{m/k}$ olup $m=2 \pm 0,2$ kg; $T=1 \pm 0,04$ saniyedir. Buna göre k sabiti ölçümünde yapılan hata yüzdesini bulunuz.

$$T^2 = 4\pi^2.m/k \rightarrow k=4\pi^2.m.T^{-2} \text{ Sayıları yerine koyduğumuzda } k=78.80 \text{ N/m çıkar.}$$

Hata yüzdesi ise:

$$\frac{\Delta k}{k} \times 100 = (\frac{\Delta m}{m} \times 100) + 2.(\frac{\Delta T}{T} \times 100) = (\frac{0,2}{2} \times 100) + 2.(\frac{0,04}{1} \times 100) = \%18$$

$$\Delta k / 78,80 = 0,18 \rightarrow \Delta k = 14,18 \text{ N/m' dir.}$$



Kısaca hata olasılığı ile k yay sabiti 79 ± 14 'tür.

Trigonometrik Hata Hesabı:

İletki ile ölçülen, θ 'lık bir açı için hata hesabı yapıldığında:

- ◆ $R = \sin \theta$, olası hata ise $\Delta R = \sin(\theta + \Delta\theta) - \sin \theta$ 'dır. Burada $\Delta\theta$ açısı ölçme hatasıdır.
- ◆ Mesela 30 ± 1 ile yapılan ölçümün sinüsünü hesaplariken yapılan hata olasılığı:
 $\Delta R = \sin 31 - \sin 30 = 0,015$ 'tir. Bu durumda da $R \pm \Delta R = 0,500 \pm 0,015$ 'tir.

ANLAMLI SAYILAR

Deneylerde verilen sayısal sonuçlar ölçüm hassaslığıyla uyumlu olmak zorundadır. 1 mm bölmeli bir cetvelle en çok 1 mm hassaslığında ölçüm yapılabilir. Örneğin, 32.2 cm gibi bir ölçüm sonucu, ancak 32.15 cm ile 32.25 cm arasında değişebilir. Yani, ölçüm hassaslığı 1 mm büyüklüğündedir. Aynı cetvelle yapılan bir ölçümün 32.222 cm olarak verilmesi yanlış olur, çünkü 1 mm bölmeli bir cetvelle böylesine hassas bir ölçüm yapılamaz.

Bazı hallerde birden fazla büyüklük farklı hassaslıklarda ölçülerek deney sonuçları hesaplanır. Örneğin, A ve B kenarları ölçülen bir dikdörtgenin alanının hesaplandığını düşünelim. A kenarı bir verilerle 0.01 cm hassaslıkla ve B kenarı 1 mm bölmeli bir cetvelle ölçülerek,

$$A = 5.34 \quad 0.01 \text{ cm} \quad (3 \text{ anlamlı sayı})$$

$$B = 124.2 \quad 0.1 \text{ cm} \quad (4 \text{ anlamlı sayı})$$

bulunmuş olsun. Bu dikdörtgenin alanı, $AB = (5.34 \cdot 124.2) = 663.228 \text{ cm}^2$ olarak alınamaz. Bu sonuç yanlış olur, çünkü 3 anlamlı sayılı bir boyut ölçüm sonucu 6 anlamlı sayı (ölçülenden daha çok anlamlı sayı) ile belirlenemez. Bu örnek için A kenarı en çok 3 anlamlı sayılıdır ve çarpım için,

$$S = AB = 663$$

alınmalıdır.

A ve B deki ölçüm hatalarına bakıldığında AB çarpımındaki hata kolayca belirlenir. A'nın ölçüm hatası yaklaşık % 0.2 ve B'nin ölçüm hatası yaklaşık % 0.1 dir. A·B de olası en büyük hata % 0.3 olacaktır.



$$\Delta S = 663 \ \% 0.3 \approx 2$$

bulunur ve sonuç,

$$S = (663 \pm 2) \text{ cm}^2$$

olarak alınır. Deneylerde önemli olan sonuçlardaki hata sınırlarının belirlenmesidir.

Anlamlı sayılar yukarıda verildiği gibi, sonuçlarda kolayca belirlenebilir. % 1 (yüzde 1) hassaslıkla yapılan bir ölçüm için sonuçlar 2 ya da 3 anlamlı sayılı olmak zorundadır. Benzer şekilde % 0.001 (yüz binde bir) hassaslıkla yapılan bir ölçüm 5 ya da 6 anlamlı sayılı olmalıdır.



GRAFİK ÇİZME VE GRAFİKTEN YARARLANMA

Deney sonuçlarının grafiklerle verilmesi, pratik ve kolay anlaşılır oluşu nedeniyle hemen her bilim dalında yaygın olarak kullanılır. Grafikler her türlü bilgiyi herkesçe anlaşılır şekilde vermelidir. Grafik çiziminde aşağıdaki kurallara uyulmalıdır;

1. Grafiğin adı ve tarihi yazılmalıdır
2. Eksenlerin hangi büyüklüklere karşı geldiği ve birimlerinin ne olduğu belirtilmelidir
3. Her türlü yazı ve rakamlar kolayca okunabilir şekilde yerleştirilmelidir
4. Grafikte birim uzunluklar, çizilen grafik bütün kâğıdı kaplayacak şekilde seçilmelidir
5. Veriler grafik üzerinde nokta olarak işaretlendikten sonra etrafı çember içine alınmalı ve ölçüm hatalarıyla orantılı büyüklükte hata çizgisi çizilmelidir. Bir y değeri için hata ise hata çizgisi $2\Delta y$ büyüklüğünde olmalıdır.

Bu bölümde yalnızca doğrusal grafiklerin incelenmesini vermekle yetineceğiz.

I. GRAFİK ve ÖNEMİ

Fiziksel ifadeler, teorik ve deneysel olmak üzere iki yoldan elde edilir. Teorik yöntemde varsayımlardan yola çıkılır, beklenen sonuçların deneyle uygunluğu araştırılır. Bunlar deneyle gerçekleşmedikçe bir fizik kanunu olarak kabul edilmez. Deneysel yöntemde kanun veya bağıntı tamamen deneye dayanır. Bunlar teorik olarak elde edilmese bile doğrulukları kesindir.

II. GRAFİK ANALİZİ ve YARARLARI

Deneysel olarak elde edilen verilere göre çizilen grafiğin fiziksel anlamını araştırma işlemine **grafik analizi** denir. Grafik analizinin önemli yararları şunlardır;

- Grafik, ölçülen büyüklükler arasında bir bağıntının bulunup bulunmadığını gösterir. Veri çizelgesinden bunu doğrudan görmek zordur.

- Ölçülen büyüklükler arasında bir bağıntı varsa, grafik yardımıyla bu büyüklükler arasındaki matematiksel bağıntı elde edilir.
- Değişkenler arasındaki bağıntı bulunmasa bile, grafik yardımıyla, değişkenlerin ölçülmeyen değerleri tahmin edilebilir.

III.GRAFİK ÇİZİLMESİ

Grafikten beklenen yararların sağlanabilmesi için grafik çiziminde aşağıdaki hususların dikkate alınması gerekir. Bu yapılmadığında grafikten yanlış bir bağıntı bulunabileceği gibi, çizenin dışındakiler grafiği yorumlayamayabilir.

Grafik Çiziminde Başlıca Kurallar

1. Koordinat Eksenlerinin Seçimi ve İşaretlenmesi

Serbest değişken yatay eksene(apsis),bağlı değişken düşey eksene(ordinat) yerleştirilir. Değişkenlerin adı ve parantez içinde birimleri yazılır.

2. Ölçek Seçimi

Yatay ve düşey eksende 1 birim (1 cm) uzunluğun gösterildiği değere, **fonksiyon ölçeği** ya da **ölçek** denir. Ölçek seçimi keyfidir. Ölçek ve değişkenlerin başlangıç noktasının seçiminde aşağıdaki kurallara uyulmalıdır.

- a. Ölçekte, ölçülen büyüklüğün tam sayı değerleri gösterilmeli, tam sayıdan sonraki kesirli kısımlar gösterilmemelidir. Bu kurala uyulmadığında, hem verilerin işaretlenmesinde hem de grafikten değer okunmasında güçlük çekilir.
- b. Veriler çok büyük ya da çok küçük sayılardan oluşuyorsa önce bunlar 10' un kuvvetleri şeklinde yazılırlar ve ölçek seçimi bundan sonra yapılır. Grafik kâğıdında üslü çarpan parantez içinde büyüklüğün birimi ile birlikte yazılır.
- c. Karşılaşılan verilere bağlı olarak x ve y eksenlerine ait ölçek birimleri eşit olmayabilir.
- d. Serbest ve bağlı değişkenlerin sıfır değerleri grafiğin orijininde bulunabileceği gibi genellikle değişkenlerden birinin ya da her ikisinin sıfır değeri orijinde bulunmayabilir.
- e. Grafik çizilirken x ve y eksenindeki değerler kesikli çizgilerle kesiştirilmemelidir.

3. Verilerin İşaretlenmesi



Verilerin yerleri kendilerine ait eksenlerden bulunur ve bu noktalardan eksenlere çıkılan dikmelerin kesim noktaları Şekil-1 'deki sembollerden biri ile işaretlenir (Biz birinci sembolü kullanacağız.). *Veri değerleri kesinlikle koordinatlara yazılmamalıdır.* Aynı grafik kâğıdına birden fazla grafik çizilecekse her eğri için ayrı bir sembol kullanılmalıdır.

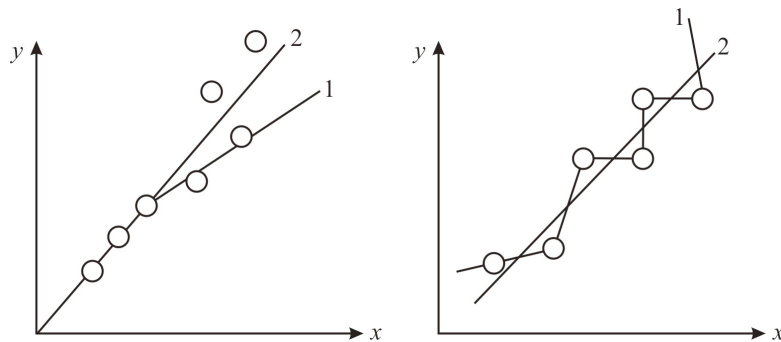
Veriler ölçülen büyüklüğün gerçek değeri olmayıp, ona yakın değerdir. Dolayısıyla bir hata içerirler.



Şekil 1. Grafik çiziminde verilerin işaretlenmesinde kullanılan şekiller.

4. Eğrinin Çizilmesi

Deney sonuçlarının veri çiftleri olarak tablo şeklinde toplanıp, sonrada grafik üzerinde bir eğri şeklinde temsil edilmesi önemlidir. Burada eğri sözcüğü, hem doğru, hem de eğri çizgi anlamında kullanılmaktadır. Bunu bölümün başında da belirtildiği gibi, bu derste öğreneceğimiz fizik kanunları ve bağıntıları basit denklemler şeklindedir. Bu nedenle veri çiftlerini gösteren noktalar ya bir doğru ya da düzgün bir eğri oluştururlar. Veriler hata içereceğinden tüm noktalar eğri üzerinde bulunmayabilir. Hataların pozitif ve negatif olma olasılıkları eşit olduğundan, *eğri; mümkün olduğu kadar çok sayıda noktadan geçecek ve noktaları ortalayacak şekilde çizilmelidir.* (Çizilen eğrinin tüm veri noktalarından geçmesi şartı yoktur. Dikkat edilecek husus, çizilen eğrinin altında ve üstünde yaklaşık aynı sayıda eğriyle kesişmeyen noktanın kalmasıdır). Şekil 2' de eğrinin nasıl çizileceği bazı örnekler üzerinde açıklanmıştır.



Şekil 2. Grafikte Eğri Çizimi. (1) yanlış çizimi; (2) doğru çizimi göstermektedir.



HAVA MASASI

HAVA MASASI NEDİR?

Hava masası deney düzeneği başlıca aşağıdaki birimlerden oluşmaktadır.

- a. Hava Masası,
- b. Diskler,
- c. Ark kronometresi,
- d. Hava pompası,
- e. Değişik aksesuarlar,

Pompadan gelen basınçlı hava, dağıtıcı plastik hortumlardan geçerek disklerle ulaşır. Diskler zincirler yardımıyla ark kronometresine bağlanmıştır. Disk ve masa yüzesi arasında oluşan hava yastığı disklerin sürtünmesiz olarak yüzmesine neden olur. Masa yüzeyi ve diskler arasına sırasıyla iletken karbon kağıdı ve deney veri kağıdı konmuştur. Ark kronometresinin oluşturduğu zaman aralıklı kıvılcımlar, yüzen disklerin etkileşimi sırasında disk konumlarının saptanmasını sağlar. Dolayısıyla deney sonuçları gözlenebilir ve grafiksel olarak kaydedilir. Ark kronometresi ve pompanın çalıştırılması ayak pedallarıyla kontrol edilir. Değişik aksesuarlardan nasıl yararlanılacağı ilgili deneylerde ayrıca anlatılmıştır.

HAVA MASASININ ÇALIŞTIRILMASI :

1. Deney kağıdını (50X55)cm büyüklüğünde beyaz kağıt) karbon kağıdının üstüne koyunuz. Kağıdı yapıştırmayınız.
2. Ark pedalını ve hava pedalını elinizle rahatlıkla kullanabileceğiniz bir yere koyunuz. Yalnızca hava pedalına basarsanız disklerin hava masasında hareket ettiklerini görürsünüz. Disklerin izlerini belirlemek isterseniz ark pedalına basınız.

Deneyde disklerden yalnızca birini kullanmak isterseniz, diğer diski masanın uygun bir köşesine, karbon kağıdının üstünde kalacak şekilde bırakınız ve altına bir kağıt parçası koyarak deney sırasında hareketsiz kalmasını sağlayınız.



3. Hava masasını yatay duruma getirmek için disklerden birini masanın ortasına, diğeri masanın bir köşesine koyunuz, Hava pedalına bastığınızda ortadaki disk hareket etmeğe başlar. Masanın iki ayağının vidalarını kullanarak masayı yatay duruma getiriniz. Hava pedalına kesik-kesik bastığınız halde disk masanın ortasında hareketsiz kalıyorsa masa yatay duruma gelmiştir.

4. Her iki diski deney kağıdının üstüne koyunuz, Hava pedalına basınız, diskleri hafifçe itiniz ve ark pedalına basınız. Diskler masanın kenarına geldiğinde ark pedalını serbest bırakınız ve kağıdı çekerek çıkardıktan sonra hava pedalını da serbest bırakınız. Deney kağıdının arka yüzünde disklerin kıvılcım izlerini göreceksiniz. Ark kronometresinin frekansını değiştirerek aynı işlemi yineleyiniz. Böylece Hava Masası deney yapmağa hazır duruma gelmiştir.

UYARI :

Hava masasının yüzeyi camdır, kırılabilir. Karbon kağıdının son derece pürüzsüz ve düzgün olması gerekir. Bu nedenle hava pedalına basmadan diskleri kağıt üzerinde sürükleyiniz, yüzeyin düzgünlüğü bozulabilir. Deney kağıdına hava masasında iken hiçbir şey yazmayınız. Disklere ek kütleler takarken dikkatli olunuz, kütleler simetrik oturmalıdır.

