

Yaylar ve Makaralar Deney Seti

(Yay Sabiti, Salınım Periyodu, Kuvvet ve Yol Ölçümleri)

Öğrenci Deney Föyü

Paketleme Listesi

1. Yaylar ve Makaralar Deney Düzeneği
 - 1.1. Farklı Yay Sabitine Sahip Yaylar
 - 1.2. Makaralar (Tekli, İkili ve Üçlü)
 - 1.3. Farklı Kütleler
 - 1.4. Yıldız Tutucular
2. **Kronometre**
3. Dinamometre
4. Yükseklik Ölçer
5. **Öğrenci ve Öğretmen Deney Föyleri**

İçindekiler

Bölüm	Sayfa
1. Amaç	4
2. Yaylar	4
2.1. Basit Harmonik Hareket	6
2.2. Yayların Seri Bağlanması	7
2.3. Yayların Paralel Bağlanması	8
3. Makaralar	9
3.1. Sabit Makaralar	9
3.2. Hareketli Makaralar	10
3.3. Palangalar	11
4. Deneyin Yapılışı	12
DENEY-1: Hooke Yasası (Yay Sabitinin Belirlenmesi)	12
DENEY-2: Yayların Seri Bağlanması (Yay Sabitinin Belirlenmesi)	14
DENEY-3: Yayların Paralel Bağlanması (Yay Sabitinin Belirlenmesi)	16
DENEY-4: Periyot (Salınım Periyodunun Bulunması)	18
DENEY-5: Sabit Makara (Kuvvet ve Yol Ölçümleri)	20
DENEY-6: Palangalar (Kuvvet ve Yol Ölçümleri)	21
5. Deney Raporu	22

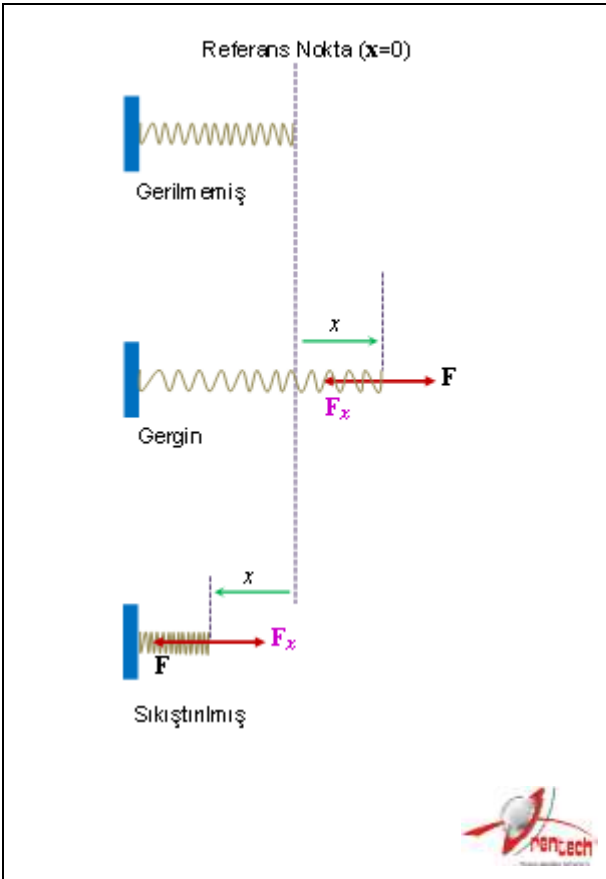
1. Amaç

Bu deneyde;

1. Yay sabitinin **Hooke yasası** ile bulunması,
2. Yayların **seri** ve **paralel** bağlanması,
3. Yaya bağlı bir kütle için **basit harmonik hareketinin** incelenmesi,
4. Salınım **periyodu** ile yay sabitinin belirlenmesi,
5. Sabit ve hareketli makaralardan oluşan **palanga sistemlerinin** çalışma özelliklerinin incelenmesi ve,
6. Makara sistemlerinde **kuvvetten** ve **yoldan** kazanç kavramlarının çalışılması,

amaçlanmıştır.

2. Yaylar



Şekil-1: Pozitif x-yönü boyunca uygulan kuvvet (F) ile normal uzunluktan (referans noktadan) gerilen bir yay. Yay, bir F kuvveti ile pozitif-x yönünde geriye doğru çekilerek gerilmiştir. Eğer yay sıkıştırılırsa, yay bir $F_x = -kx$ (burada, $x < 0$ olduğundan $F_x > 0$) kuvveti ile geriye itilir.

Bir yaya kuvvet uygulanması durumunda yayda gerilme veya sıkışma gerçekleşir. Yayda oluşan gerilme veya sıkışma miktarı yayın türüne ve kuvvetin büyüklüğüne bağlı olarak değişir. Örneğin, aynı kuvvet etkisinde kalan sert yay yumuşak yaya göre daha az sıkışır. Bir yayı normal (serbest) uzunluğundan x kadar sıkışık tutmak için:

$$F = kx \quad (\text{Uygulanan kuvvet}) \quad (1)$$

kadar bir kuvvet uygulamalıyız.

Burada k , yayın kuvvet sabiti (yay sabiti) olup, yayın sertliğinin bir ölçüsüdür ve her bir yay için farklı değere sahiptir. Yay sabiti (k) her zaman pozitifdir ve birimi, kuvvet bölü uzunluktur (N/m).

Bununla beraber, yayın kendisi ters yönde,

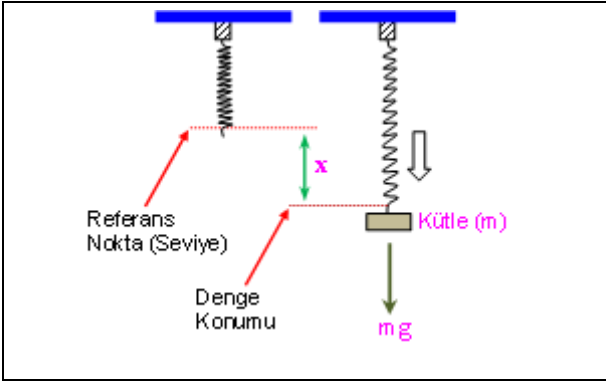
$$F_x = -kx \quad (\text{Hooke kanunu}) \quad (2)$$

olarak bir kuvvet gösterir. Yayın uyguladığı bu kuvvete **geri çağırıcı kuvvet** denir (Şekil-1).

Yay, denge konumundan " x " kadar yer değiştirmesine ters yönde bir kuvvet gösterdiğinden ve bu nedenle yay normal uzunluğuna geri dönmek istediğinden, bu kuvvet **geri çağırıcı kuvvet** olarak bilinir.

Eşitlik-(2), Hooke Yasası olarak bilinir ve x çok büyük olmadığı veya yayda kalıcı deformasyon meydana gelmediği sürece, bu kanun geçerlidir. Buradaki **eksi** işaret, yayın uyguladığı **kuvvetin** geri çağırıcı olduğunu temsil eder ve her zaman denge konumuna doğru olduğunu gösterir.

Hooke Yasasına göre, bir yayı normal uzunluğundan x -kadar uzun olacak şekilde germek için $F=kx$ olarak tanımlanan bir kuvvete ihtiyacımız vardır. Uygulanan kuvvetin uzama miktarına oranı sabittir. Bu nedenle, yay sabiti yani orantı sabiti " k ", yaya bir dış kuvvet uygulanarak ve yayın uzama miktarını ölçerek bulunabilir. Bilinen bir dış kuvvet (F) uygulamanın yolu, yayın uzamasını sağlayacak ve **ağırlığı** bilinen bir kütle için, kuvvet olarak kullanılmalıdır.



Şekil-2: Hareketsiz durumdaki yaya bir kütle (m) takıldığında kütle belirli bir mesafe (x) boyunca yer değiştirme yaparak **denge konumunda** durur. Sistem dengedeysen, asılmış kütlelerin ağırlığı ($W=mg$) yayın geri çağırıcı kuvveti ile dengelenir.

Şekil-(2)'de gösterildiği gibi, düşey doğrultuda bir yaya kütle (m) bağlanarak bu yayın gerilmesini sağlayan kuvvet oluşturulur. Böylece, yayı germeye çalışan kuvvet, kütle üzerine etki eden yerçekimi kuvveti (**ağırlık**) olur. Yerçekimi kuvveti aşağıya doğrudur, düşey doğrultudaki yayın ağırlığa uyguladığı kuvvet ise yukarı dorudur. Yay, bu iki kuvvet birbirine eşit olana kadar esneyebilir.

Kütlesi "m" olan bir cisme etki eden yerçekimi kuvveti;

$$F = W = mg \quad (\text{Yerçekimi Kuvveti}) \quad (3)$$

olarak bu kütleyi aşağı doğru çeker. Burada, g yerçekimi ivmesidir ($g=9.80 \text{ m/s}^2$). Bu nedenle, düşey doğrultudaki kütle-yay sisteminde yayın ucuna takılmış kütle (m) üzerine etki eden **kuvvetler**:

1. Yerçekimi nedeniyle cisme etki eden kuvvet (**mg**) ve,
2. Yay tarafından uygulanan kuvvet (**kx**).

olacaktır.

Düşey konumdaki kütle-yay sisteminde, yayın, cisim üzerinde yukarı doğru uyguladığı $F=kx$ kuvveti, cismin ağırlığını ($W=mg$) dengeleyecek kadardır. Kütle yaya bağlandığında; yay, kütlelerin üzerinde etkili olan iki ters yönlü kuvvetin birbirine eşit olduğu **noktaya** kadar uzayacaktır. Bu **nokta**, **denge noktası** olarak bilinir.

Yay ucuna asılan kütle yayı geren kuvvettir. Geri çağırıcı kuvvetin büyüklüğü asılı kütlelerin ağırlığına ($W=mg$) eşittir:

$$mg = kx \quad (\text{Deneysel}) \quad (4)$$

Eşitlik-(4),yaya uygulanan kuvvet (**ağırlık**) ve **yayın gerilmesi** (uzunluğundaki değişim) arasındaki bağıntıyı tanımlayan genel ifadeyi verir. Herhangi bir ek dış kuvvet uygulanmadığı sürece, yay ve kütlelerden oluşan bu sistem **denge konumunda** kalacaktır.

Esneklik sınırının aşılması koşuluyla, yaya uygulanan kuvvet ile yayın uzama miktarı **doğru orantılıdır**. Örneğin, bir yaya 1kg kütleli bir cisim asıldığında yay $x=10\text{cm}$ uzarsa, aynı yaya 2kg kütleli cisim asılması durumunda yay $x=20\text{cm}$ uzayacaktır.

Yayın uzama miktarı (x), yayın alt noktasında seçilen bir referans noktaya ait konumun, yaya dış kuvvet uygulanmadan önce ve yaya dış kuvvet uygulandıktan sonra gözlemlenmesi ile ölçülebilir. Ölçümler sonrası; yaya **farklı kütleler** tarafından uygulanan kuvvetin (F), referans noktasına göre yer değiştirmenin (x) bir fonksiyonu olarak grafiğini çizebiliriz. Bulunan grafik doğrusal bir şekil gösterecek ve bu doğrunun eğimi de yay sabitine (k) eşit olacaktır.

Eşitlik-(4)'de verilen bağıntı, doğru denklemi ile karşılaştırıldığında, grafik doğrusal bir fonksiyon olarak ifade edilebilir:

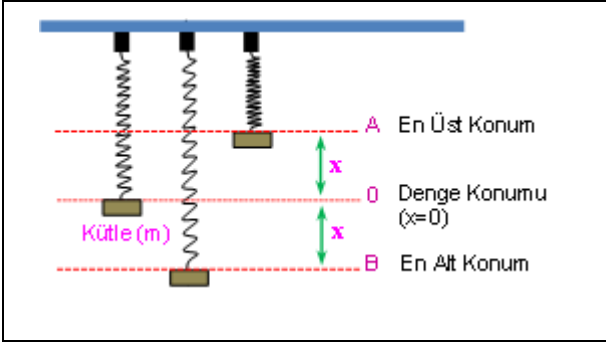
$$y = ax \quad (\text{Deneysel}) \quad (5)$$

Burada,

- y : Yaya uygulanan kuvvet (F),
a : Eğim olarak yay sabiti (k),
x : Yay uzunluğundaki değişim (x).

Eşitlik-(5)'de görüldüğü gibi, çizilen **kuvvet-uzama** miktarı grafiğindeki eğim, **yay sabitini** verecektir. Bu grafik, sıfır kesişim noktasına ve **yay sabitine** (orantı sabitine) eşit bir eğime sahiptir. Bir kez eğim belirlenirse, bu eğimden deneysel olarak yay sabiti bulunabilir.

2.1. Basit Harmonik Hareket



Şekil-3: Denge konumundan x -kadar uzatılıp serbest bırakılan m -kütleli cisim A-B arasında basit **harmonik hareket** yapar.

Yay ucuna asılan m -kütleli cisim, $x=0$ konumunda dengede iken belirli bir miktar aşağı çekilip bırakılırsa, cisim **A-B** arasında basit harmonik hareket yapmaya başlar. Geri çağırıcı kuvvetin etkisi altında sabit bir nokta etrafında kendini belirli bir zaman aralığında tekrar eden bu harekete, salınım hareketi veya **basit harmonik hareket** denir.

Şekil-(3)'de yaya bağlı bir kütle için basit harmonik hareketi gösterilmiştir. Eğer, m -kütleli cisim durağan denge konumundan x -kadar ayırılıp serbest bırakılırsa, yayın **geri çağırıcı kuvveti** denge konumuna doğru geri bir ivmelenmeye neden olur ve böylece kütle basit **harmonik hareket** yapmaya başlar. Kütle, ileri-geri salınmasına neden olacak bir geri çağırıcı kuvvete maruz kaldığı zaman, bir tam salınımın tamamlanması için geçen süre **periyot (T)** olarak tanımlanır. Basit harmonik hareket boyunca m -kütleli cisme etki eden kuvvet, **$F=-kx$** kadardır. Denge konumundan olan uzaklık, x olup, x değiştikçe kuvvet "**F**" değeri de değişir. Bu nedenle, harmonik harekette cisme etki eden kuvvet cismin denge konumundan uzaklığı ile doğru orantılıdır.

Harmonik harekette bir diğer parametre olan **frekans (f)**; harmonik hareket yapan cismin birim zamanda yaptığı tur sayısıdır. Periyot ve frekans arasındaki bağıntı aşağıdaki gibidir:

$$T = \frac{1}{f} \quad (6)$$

Salınım hareketinin tam bir turu için geçen zaman olan **periyot (T)**, yay sabiti (**k**) ile yaya bağlanan toplam kütle (**m**) miktarı tarafından belirlenir:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}} \quad (\text{Deneysel}) \quad (7)$$

Bu eşitlikten, yaya bağlı cismin periyodu (**T**), yay sabitine (**k**) ve cismin kütlesine (**m**) bağlı olduğu görülür. **Eşitlik-(7)** yeniden düzenlenirse;

$$T^2 = 4\pi^2 \frac{m}{k} \quad (8)$$

$$m = \frac{k}{4\pi^2} T^2 \quad (9)$$

bulunur. Bu eşitlik, bir doğrunun fonksiyonu,

$$y = ax \quad (10)$$

olarak ifade edilebilir. Burada;

- y : Yaya asılan kütle (**m**),
- a : **Eğim** ($k/4\pi^2$),
- x : Periyodun karesi (**T²**).

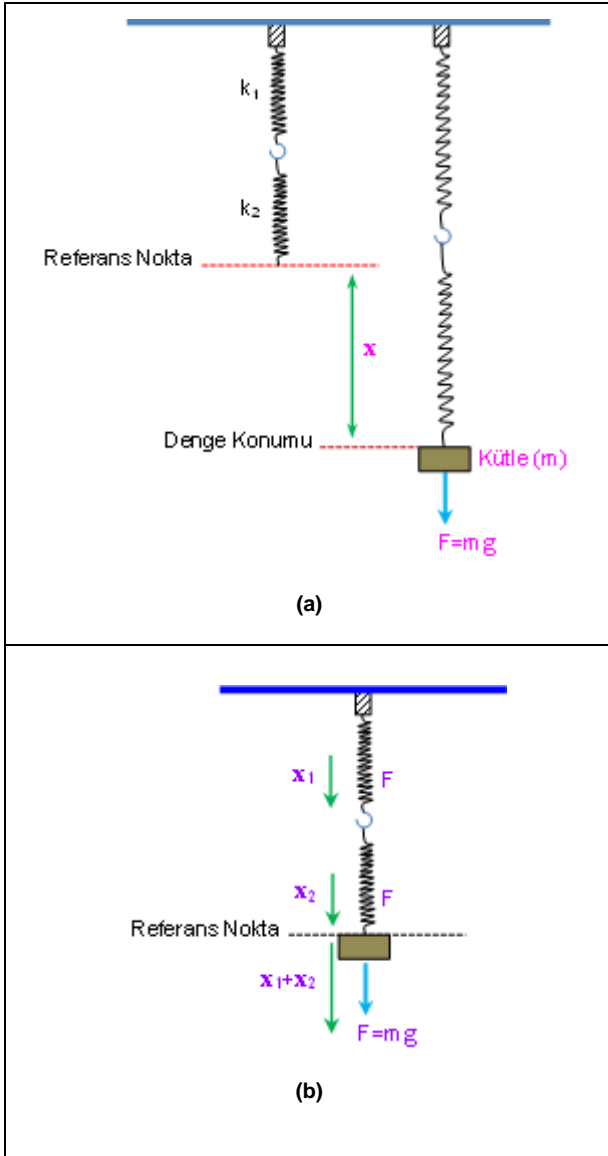
Eşitlik-(10)'da görüldüğü gibi **$m-T^2$** grafiği doğrusaldır ve grafiğin **eğimi (a)**;

$$a = \frac{k}{4\pi^2} \quad (\text{Deneysel}) \quad (11)$$

değerine eşittir.

Düşey doğrultudaki bir kütle-yay sisteminde, yaya takılı bir cismin harmonik hareketini deneysel olarak gösterebiliriz. Eğer kütleli **denge konumundan** (asılı kütle çekilmeden önceki durağan olduğu konum) düşey olarak aşağı doğru hafifçe çekersek ve daha sonra serbest bırakırsak, kütle (**m**) yayla beraber aşağı-yukarı salınım hareketi yapmaya başlar. Eğer, yaya asılan değişik kütleler için salınım hareketinin **periyodu (T)** ölçülürse, çizilen **$m-T^2$** grafiği tarafından **yay sabiti (k)** deneysel olarak bulunabilir.

2.2. Yayların Seri Bağlanması



Şekil-4: Yay sabitleri k_1 ve k_2 olan iki yayın seri bağlanması (a). Kütleyi seri durumdaki sisteme asıldığında iki yaydaki gerilme kuvvetleri eşittir. Cisim aşağıya doğru $x=x_1+x_2$ kadar bir mesafeye hareket eder (b).

Yaylar seri ve paralel bağlanarak farklı yay sabiti, k değerlerine sahip mekanik yay sistemleri kurulabilir (Şekil-4a).

Yay sabitleri k_1 ve k_2 olan iki yay uç uca bağlanırsa bu bağlantıya seri bağlama denir. Bu durumda seri bağlanan her bir yaya etki eden kuvvet aynıdır. Yay sistemin toplam uzaması ya da sıkışması tek tek yayların uzama veya sıkışmalarına bağlıdır (Şekil-4b).

Seri bağlı yay sistemine " F " kuvveti etki ediyorsa, her bir yaya aynı kuvvet etki edecektir. Seri bağlama durumunda yay sistemine uygulanan kuvvet " F " ve yaylara uygulanan kuvvetler F_1 ve F_2 olarak verilir;

$$F = F_1 = F_2 \quad (\text{Seri Bağlama}) \quad (12)$$

bağıntısı yazılır.

Sistemin uzama miktarı x ve her bir yayın uzama miktarı x_1 ve x_2 ise;

$$x = x_1 + x_2 \quad (\text{Seri Bağlama}) \quad (13)$$

olur.

Bu nedenle, seri bağlı yay sisteminin yay sabiti;

$$\frac{F}{k} = \frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2} \quad (14)$$

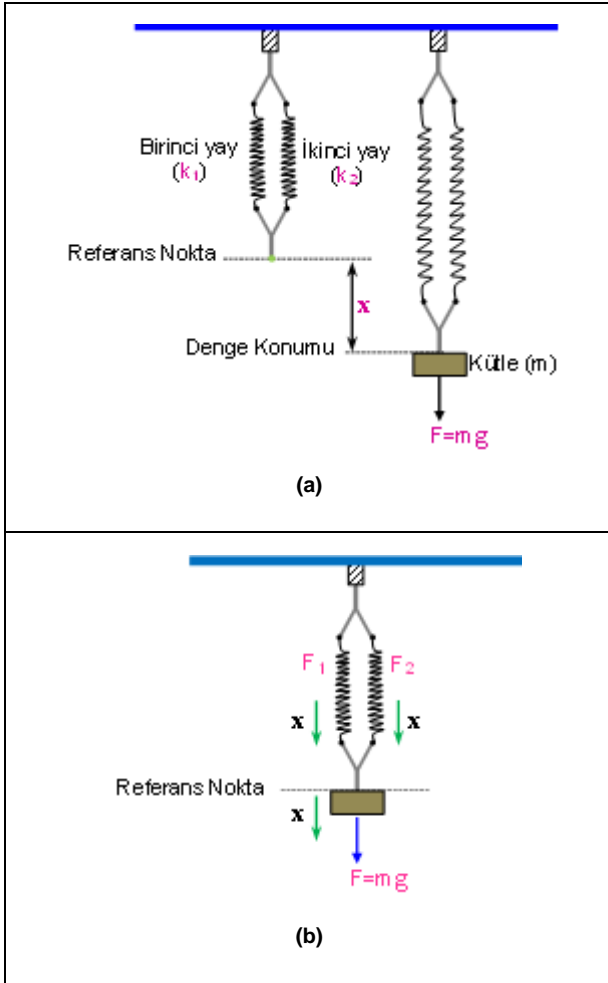
$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} \quad (15)$$

$$k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2} \quad (\text{Deneysel}) \quad (16)$$

eşitliği tarafından verilir.

Sonuç olarak, yay sabitleri k_1 ve k_2 olan iki yay birbirine seri olarak bağlanırsa, sistemin eşdeğer yay sabiti $k=k_1 k_2 / (k_1 + k_2)$ olacak şekilde değişir.

2.3. Yayların Paralel Bağlanması



Şekil-5: Yay sabitleri k_1 ve k_2 olan iki yayın paralel bağlanması (a). Paralel bağlı yay sisteminde iki yay eşit miktarda x -kadar uzar ve m -kütleli cisim aynı miktarda x kadar aşağı doğru hareket eder (b).

Yay sabitleri k_1 ve k_2 olan iki yayın uçları yan yana gelecek şekilde bağlanırsa bu bağlama türüne **paralel bağlama** denir (Şekil-5a).

Sisteme F -kuvveti uygulanması durumunda, sistemin boyu x kadar uzuyorsa, yayların her birisindeki uzama miktarı x kadar olur.

Paralel bağlı yay sistemine uygulanan kuvvet " F " ve her bir yaya uygulanan kuvvet F_1 ve F_2 olarak verilirse, yaylardaki gerilme kuvvetlerin toplamı **cismin ağırlığına** eşittir:

$$F = F_1 + F_2 \quad (\text{Paralel Bağlama}) \quad (17)$$

Şekil-(5b)'de görüldüğü gibi, paralel bağlı yay sisteminde ise iki yay eşit miktarda, x kadar uzar:

$$x = x_1 = x_2 \quad (\text{Paralel Bağlama}) \quad (18)$$

Bu nedenle, yay sisteminde her bir yaya etki eden kuvvetlerin toplamı sisteme etki eden kuvvete eşittir ve yayların uzama veya sıkışma miktarları birbirine eşit olacaktır. Bu bağıntılar kullanılarak, sisteminin yay sabiti;

$$kx = k_1x + k_2x \quad (19)$$

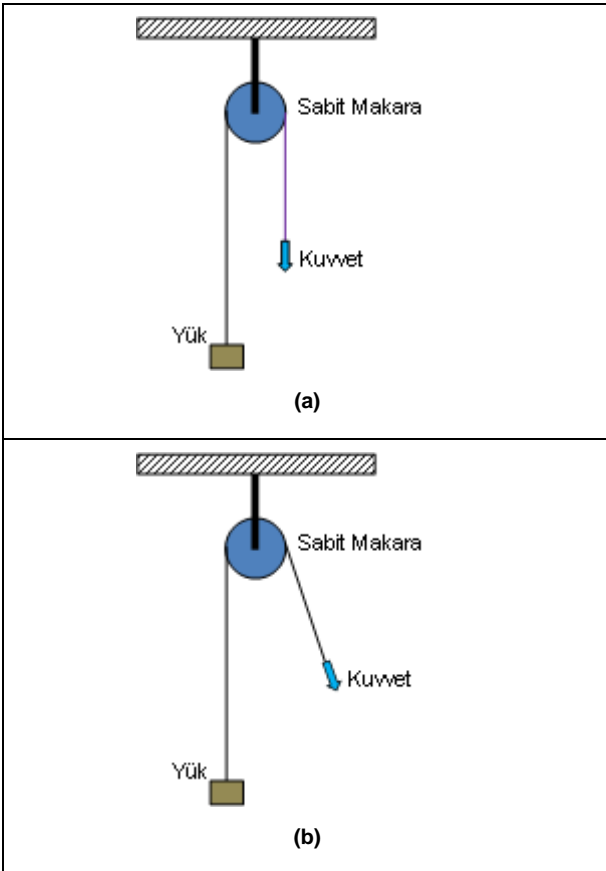
$$k = k_1 + k_2 \quad (\text{DeneySEL}) \quad (20)$$

Bu nedenle, yay sabitleri k_1 ve k_2 olan iki yay birbirine paralel olacak şekilde bağlanırsa, sistemin yay sabiti $k=k_1+k_2$ olacak şekilde değişir. **Eşitlik-(20)**'da görüldüğü gibi, yaylar paralel bağlandığında sistemin eşdeğer yay sabiti, yayların her birinin yay sabitinden büyük olacaktır.

3. Makaralar

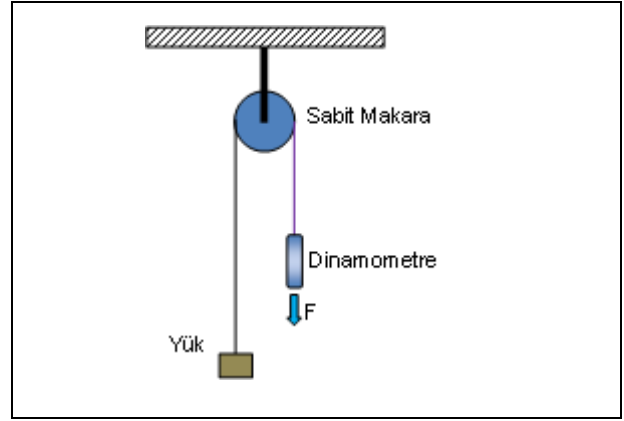
Makaralar, çevresinden geçen ip çekildiğinde sabit bir eksen etrafında serbestçe dönebilen basit bir makinedir. Kullanılan makara sayısı ve biçimine göre makara sistemleri; sabit makaralar, hareketli makaralar ve palangalar olmak üzere üç gruba ayrılır.

3.1. Sabit Makaralar



Şekil-6: Sabit bir makara kullanarak yük yukarı doğru çekilirken kuvvetten kazanç sağlanamaz (a). Sabit makarada yük dengede ise, ipe uygulanan kuvvetin büyüklüğü ipin çekilme yönüne bağlı değildir. Sadece kuvvetin yönü değiştirilir (b).

Çevresinden geçen ip çekildiğinde yalnızca dönme hareketi yapabilen makaralara sabit makara denir (**Şekil-6a**). Sabit makaralarda kuvvet sadece yön değiştirir, değerinde bir azalma olmaz (**Şekil-6b**).



Şekil-7: Sabit bir makarada yük (ağırlık) ve ipe uygulanan kuvvetin büyüklüğü birbirine eşittir.

Makara ile ip arasında sürtünme önemsiz iken ipin bütün noktalarındaki gerilme kuvveti aynı olduğundan kuvvet yüke eşit olur.

- Sabit makarada, yükün ağırlığı (W) ile uygulanan kuvvetin büyüklüğü (F) birbirine eşittir:

$$Yük = Kuvvet$$

$$W = F \quad (21)$$

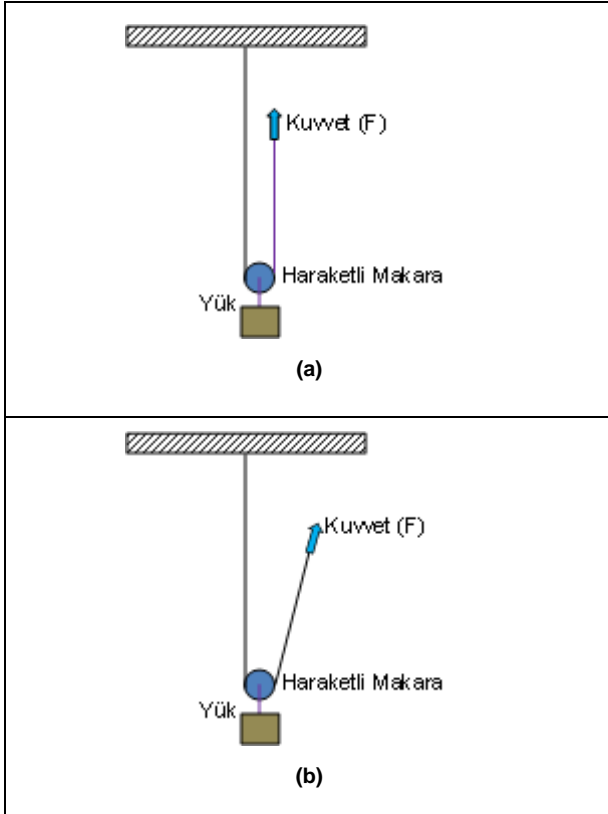
- Sabit makarada F -kuvvetinin uygulandığı ip ne kadar çekilirse yük (ağırlık) o kadar yukarı çıkar:

$$İpin Çekilme Miktarı = Ağırlığın Yükselme Miktarı$$

Şekil-(7)'de gösterildiği gibi, sabit bir makara kullanılarak $W=2N$ ağırlığındaki bir yük, F -kuvveti ile denge konumunda tutuluyor. Sabit bir eksen etrafında dönen bir tek makara, kuvvet açısından bir kazanç sağlamaz, fakat kuvvetin yönünü değiştirdiği için iş yapmayı kolaylaştırır. Kuvvet, yükün ağırlığına eşit olduğundan, F -kuvveti, yani dinamometrenin gösterdiği değer $2N$ olacaktır.

Kısaca sabit makaralarda **kuvvetten** ve **yoldan** kazanç söz konusu değildir. İp ne kadar çekilirse, yükte o kadar yükselir. İpe uygulanan kuvvetin doğrultusunun önemi yoktur.

3.2. Hareketli Makaralar



Şekil-8: Hareketli makarada asılı olan yük, makara ile birlikte hareket eder (a). Hareketli makaralar, sabit makaralarda olduğu gibi kuvvetin yönünde değişiklik meydana getirmez (b).

Çevresinden ip geçirildiğinde hem dönebilen hem de yükselip alçalabilen makaralara hareketli makara denir (Şekil-8a). Hareketli makara ile yükseğe kaldırılan yük (ağırlık), makara ile birlikte yükselir (Şekil-8b).

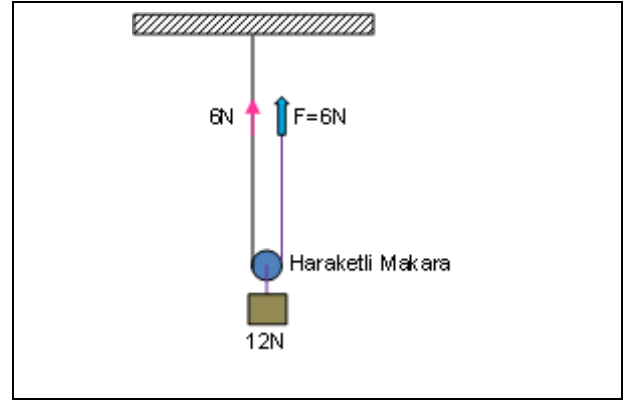
- Eğer makara ağırlığı önemsiz olarak kabul edilirse, ipe uygulanan kuvvet, yük ağırlığının yarısı kadardır.

$$F = \frac{W}{2} \quad (22)$$

Burada;

F : Uygulanan Kuvvet (N),

W : Yükün Ağırlığı (N),



Şekil-9: Hareketli bir makarada yükü dengede tutmak için ipe uygulanan F-kuvveti.

Hareketli makara sisteminde **kuvvet kazancı** vardır:

$$\text{Kuvvet Kazancı} = \frac{W}{F} \quad (23)$$

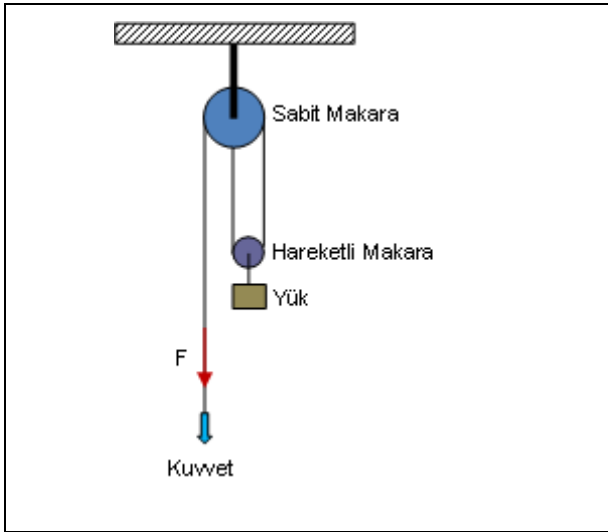
Örnek olarak, Şekil-(9)'da verilen hareketli bir makara ile $W=12N$ ağırlığındaki bir yük F -kuvveti ile denge konumunda tutulmaktadır. Hareketli makaranın ağırlığı önemsiz kabul edilirse, F -kuvvetinin değeri, $F=12N/2=6N$ olarak bulunur.

- Hareketli makarada, uygulanan F -kuvvetinin bağlı olduğu ipin çekilme miktarı, yükün yer değiştirme miktarının (yükün yükselme miktarının) iki katıdır.

$$\text{İpin Çekilme Miktarı} = 2 \text{ (Yükün Aldığı Yol)}$$

Sonuç olarak, hareketli makaraya bağlı olan bir yükü "h" kadar yükseltmek için kuvvetin uygulandığı ipi "2h" kadar çekmek gerekir. Hareketli makaralar kuvvetten iki kat kazanç sağlar. Yoldan iki kat kayba neden olur.

3.3. Palangalar



Şekil-10: İki makaradan oluşan palanga sistemi.

Hareketli ve sabit makaralardan oluşan sistemlere palanga denir. Palanga sisteminde kullanılan ip tüm makaraların çevresinden geçer (Şekil-10).

Palanga sisteminin sağlayacağı kuvvet kazancı, sabit ve hareketli makaralar arasındaki ip sayısına göre hesaplanır:

$$F = \frac{W}{n} \quad (24)$$

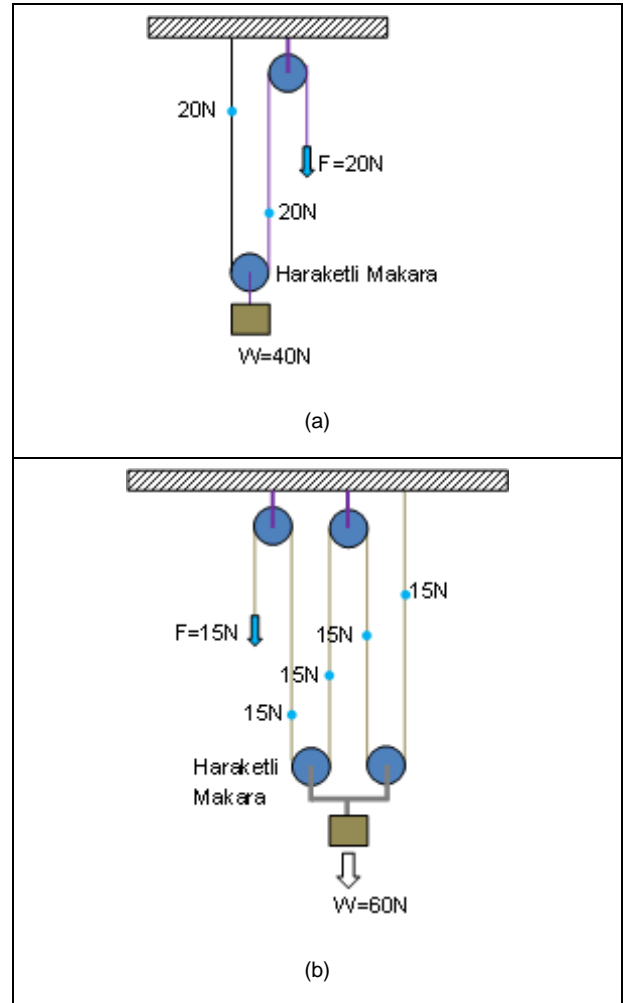
Burada;

F : Uygulanan kuvvet (N),

W : Yüklein ağırlığı (N),

n : Sabit makara ile hareketli makara arasındaki ip sayısı.

Eşitlik-(24), makara ağırlıkları ve sürtünmelerin önemsiz olduğu palanga sistemlerinde, kuvvet ile yük arasındaki bağıntıyı verir. Makara ağırlıkları ihmal edilmiyor ise, hareketli makaraların ağırlıkları yüke ilave edilir. Palangalarda kuvvet ile yük arasındaki ilişki, makaralarda olduğu gibi denge şartlarından bulunur.



Şekil-11: Dengeleyici F-kuvveti ile dengede tutulan hareketli makara sistemi.

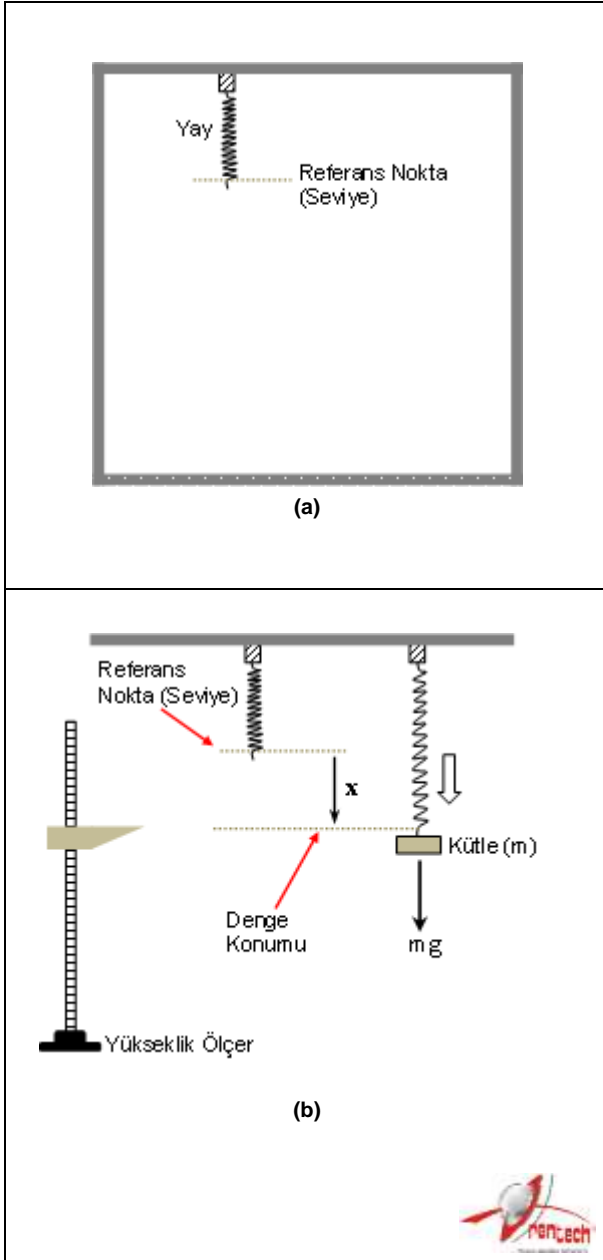
Örneğin, bir sabit ve bir hareketli makaradan oluşan palanga sisteminde, sabit ve hareketli makara arasındaki ip sayısı iki olduğundan, dengeleyici kuvvet (F), yükün yarısı kadardır (Şekil-11a). Sistemi dengede tutmak için ipe uygulanan F -kuvvetinin bu makaralardan geçen ipin gerilme kuvvetlerinden birine eşit, yani $F=20N$ olması gerekir.

Bununla beraber, iki sabit ve iki hareketli makara düzeneğinde ise $W=60N$ yükü dengede tutan kuvvet, $F=15N$ olarak bulunur (Şekil-11b). Uygulanan kuvvet (F) yükün dörtte biri kadar olması durumunda, yükün alacağı yol (h), kuvvet uygulanılan ipin çekilme miktarının (x) dörtte biri kadar olur ($x=4h$).

Sonuç olarak, palanga sisteminde, kuvvetten kazanç, yoldan kayıp vardır.

4. Deneyin Yapılışı

DENEY-1: Hooke Yasası Yay Sabitinin Belirlenmesi



Şekil-12: Yay sabitini belirlemek için kurulan deney düzeneği.

1. Deneyde kullanılacak olan yay (yay teli çapı, $\phi=0.60\text{mm}$), düzenekte sabit bir noktaya asılır.
2. Yaya, herhangi bir kütle takılmadan önce, yayın serbest ucunun alt kısmına yakın bir nokta, referans noktası olarak seçilir (Şekil-12a).

3. Yaya m-kütleli bir cisim takıldığı zaman yayın, referans noktasına göre **uzama miktarı** (yani, asılan kütle tarafından yayda meydana getirilen gerilme uzunluğu) ölçülür. Bu işlem için;

- 3.1. Yayın ucuna, **m=50g** (0.05kg) kütle takılır.
- 3.2. Yaya, m-kütleli cisim asıldığında, kütle-yay sisteminin denge konumuna gelmesi beklenir.
- 3.3. **Denge konumunda**, yay üzerindeki referans noktanın uzatıldığı, yani yaydaki **uzama miktarı** (x), yükseklik-ölçer yardımıyla belirlenir.
- 3.4. Yay üzerindeki referans noktanın yer değiştirmesi (x), aynı zamanda yaydaki uzama miktarı olduğuna dikkat edilmelidir (Şekil-12b).
- 3.5. Uzama miktarı (x), **Tablo-(1)**'e not edilir.

Yay ucuna asılan m-kütleli cismin ağırlığı, yayı geren kuvvettir. Yayın gerilmesini (yayın uzamasını) ölçmeden önce kütle-yay sisteminin **denge konumuna** gelmesi beklenir.

4. Aynı şekilde, yay sistemine **m=100** ve **200g** kütleler asılarak, her bir kütle tarafından yayda oluşan **yeni** uzama miktarları (x) ölçülür.

Deney Notu: Yaylara kaldıracabileceği değerden daha fazla yük (kuvvet) uygulamak, yayların esneklik özelliğinin kalıcı olarak bozulmasına neden olur.

5. Yaya asılan her bir kütleliğin ağırlığı hesaplanarak, her bir kütleliğin yaya uyguladığı kuvvet (F) belirlenir:

- 5.1. Yaya, ağırlığı nedeniyle m-kütleli cisim tarafından uygulanan kuvvet (F):

$$\rightarrow F = mg$$

eşitliği kullanılarak bulunur. Burada, g yerçekimi ivmesidir ($g=9.80 \text{ m/s}^2$).

6. Yaya uygulanan kuvvetin (F), yay uzunluğundaki değişimin (x) bir fonksiyonu olarak grafiği çizilir:

- 6.1. Grafikte, x -uzama miktarları yatay eksen üzerine (x -ekseni) ve uygulanan F -kuvvetleri dikey eksen üzerine (y -ekseni) çizilir.
- 6.2. Veri noktalarına en iyi uyan doğrusal çizgi çizilir ve bu doğrunun denklemini grafik üzerinde gösterilir.
- 6.3. Grafiğin doğrusal çıkması ve çizilen en uygun doğrusal çizginin, F - x grafiğinin orijin noktasından geçmesine önemle dikkat edilmelidir.
- 6.4. Çizilen kuvvet–uzama miktarı grafiğindeki **eğim**, kullanılan yayın “*deneysel*” **yay sabiti** ($k=k'$) değerini verecektir.
- 6.5. Eğimden deneysel olarak bulunan yay sabiti (k), **Tablo-(1)**'e not edilir.

7. Deney düzeneği, aynı yay kullanılarak tekrar hazırlanır.

- 7.1. Yaya **m=200g** (0.2kg) kütle asılır.
- 7.2. Yaydaki uzama miktarı (x) ölçülür.
- 7.3. **Hooke yasasına** göre beklenen **yay sabiti** (k) değeri hesaplanır.
- 7.4. Hesaplanan bu yay sabiti, **Tablo-(2)**'ye “*beklenen*” **yay sabiti** (k) değeri olarak not edilir.

8. Eğimden “*deneysel*” olarak bulunan yay sabiti, “*beklenen*” değerle karşılaştırılarak aradaki “**fark**” belirlenir:

$$Fark (\%) = \left| \frac{Beklenen - Deneysel}{Beklenen} \right| \times 100$$

$$Fark (\%) = \left| \frac{k - k'}{k} \right| \times 100$$

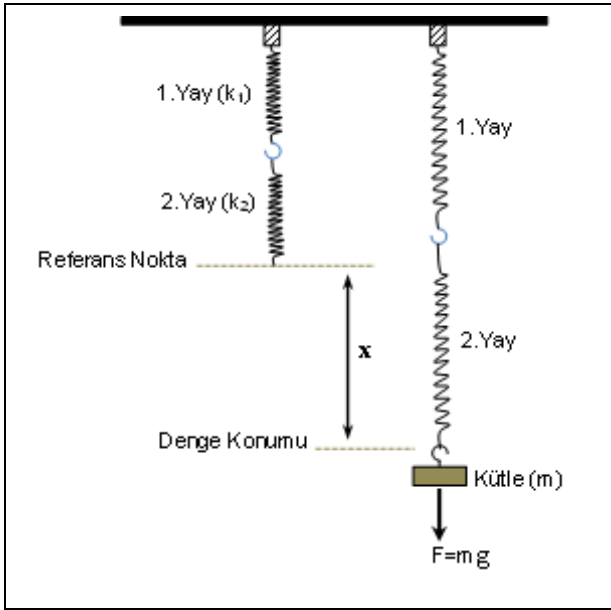
9. Karşılaştırma sonuçları **Tablo-(5)**'e not edilir.

10. Aynı işlemleri farklı yaylar için tekrarlanır.

11. Yayların uzama miktarları, uygulanan ağırlıkla orantılı mıdır?. Kısaca açıklayınız.

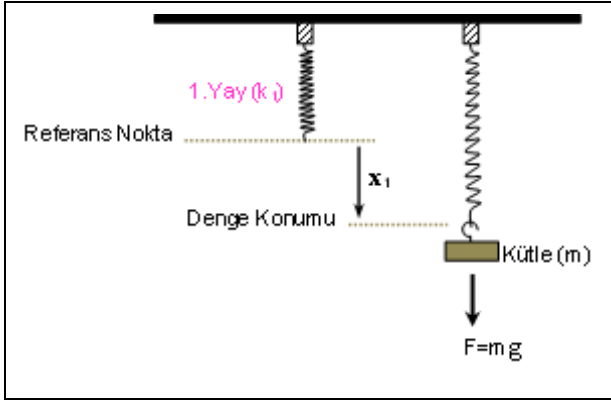
Esneklik sınırının aşılmaması koşuluyla, ağırlık (yaya uygulanan kuvvet) ile yayın uzama miktarı doğru orantılıdır.

DENEY-2: Yayların Seri Bağlanması Yay Sabitini Belirlenmesi

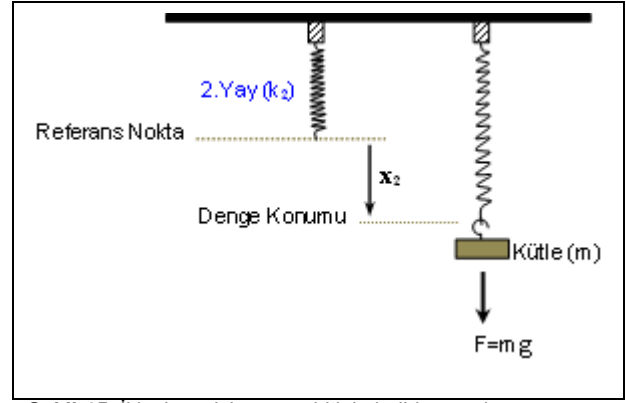


Şekil-13: Seri bağlı yay sistemi için yay sabitini belirleyen deney düzeneği.

1. Deney düzeneğine yay sabitleri farklı "iki yay" (yay teli çapı, $\phi=0.60\text{mm}$ ve $\phi=0.70\text{mm}$) seri olarak bağlanır.
2. Yay sisteminin ucuna kütle asılmamışken, sistemin serbest ucunun alt kısmına yakın bir nokta, referans noktası olarak seçilir (Şekil-13).
3. Yay sisteminin ucuna $m=50\text{g}$ kütle takılır.
 - 3.1. Yay sistemine, m -kütleli cisim asıldığında, kütle-yay sisteminin denge konumuna gelmesi beklenir.
 - 3.2. Yay sistemi denge konumuna geldiğinde, "sistemin" referans noktaya göre uzama miktarı (x) yani, asılan kütle tarafından yay sisteminde meydana getirilen gerilme uzunluğu ölçülür.
 - 3.3. Ölçülen uzama miktarı (x), Tablo-(6)'ya not edilir.
4. Aynı şekilde, yay sistemine $m=100\text{g}$ ve 200g kütleler asılarak, her bir kütle tarafından yay sisteminde oluşan yeni uzama miktarları (x) ölçülür ve Tablo-(6)'ya not edilir.
5. Seri bağlı sistemin ucuna asılan her bir kütle için ağırlığı hesaplanarak, seri bağlama durumunda her bir kütle için yay sistemine uyguladığı kuvvet ($F=mg$) belirlenir.
6. Yay sistemine uygulanan kuvvetin (F), yay uzunluğundaki değişiminin (x) bir fonksiyonu olarak grafiği çizilir.
 - 6.1. Grafikte, x -uzama miktarları yatay eksen (x -ekseni) üzerine ve uygulanan F -kuvvetleri dikey eksen (y -ekseni) üzerine çizilir.
 - 6.2. Veri noktalarına en iyi uyan doğrusal çizgi çizilerek, bu doğrunun denklemi grafik üzerinde gösterilir.
 - 6.3. Çizilen en uygun doğrusal çizginin, F - x grafiğinin orijin noktasından geçmesine önemle dikkat edilmelidir.
 - 6.4. Grafiğin eğimi "seri bağlı yay sisteminin" "deneysel" yay sabiti ($k=k'$) değerini verecektir.
 - 6.5. Yay sistemine ait "deneysel" yay sabiti değeri (yani, sistemin eşdeğer yay sabiti), Tablo-(6)'ya not edilir.



Şekil-14: Düşey konumdaki kütle-yay sisteminde birinci yay için yay sabitinin belirlenmesi.



Şekil-15: İkinci yay için yay sabitinin belirlenmesi.

7. Şimdi, deney düzeneğinde seri olarak bağlı bu iki yay birbirinden ayrılır.

7.1. Bu iki yaydan biri seçilir ($\phi=0.60\text{mm}$) ve tek olarak deney düzeneğine yerleştirilir (Şekil-14).

7.2. Yaya herhangi bir kütle takılmadan önce, yayın serbest ucunun alt kısmına yakın bir nokta, referans noktası olarak seçilir.

7.3. Yayın ucuna, $m=200\text{g}$ (0.2kg) kütle takılır.

7.4. Yaya m -kütleli cisim asıldığında, kütle-yay sisteminin denge konumuna gelmesi beklenir.

7.5. Şimdi, m -kütleli cisim denge konumunda olup, bu konumda yay x_1 kadar uzamıştır.

7.6. Denge konumunda, yay üzerindeki referans noktanın uzatıldığı, yani yaydaki **uzama miktarı** ($x=x_1$), yükseklik-ölçer yardımıyla belirlenir.

7.7. Asılı kütleli bu yaya uyguladığı kuvvet (F) belirlenir:

$$\rightarrow F = mg$$

Yayın, cisim üzerinde yukarı doğru uyguladığı $F=kx$ kuvveti, cismin ağırlığını ($W=mg$) dengeleyecek kadardır.

7.8. Kullanılan bu yay için yay sabiti (k_1) değeri hesaplanır:

$$\rightarrow F = kx = mg$$

8. Benzer şekilde, aynı deney düzeneği kullanılarak ikinci yay ($\phi=0.70\text{mm}$) için yay sabiti (k_2) değeri belirlenir (Şekil-15).

9. Bulunan her bir yay sabiti değeri, k_1 ve k_2 olarak **Tablo-(7)** ve **(8)**'e not edilir.

10. Ayrı ayrı belirlenen bu yay sabitleri (k_1 ve k_2) kullanılarak, **seri bağlı** yay sisteminin "**beklenen**" yay sabiti (k) değeri hesaplanır:

$$\rightarrow k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

*Bu eşitlik, seri bağlı sistemin **beklenen eşdeğer yay sabitini** verecektir.*

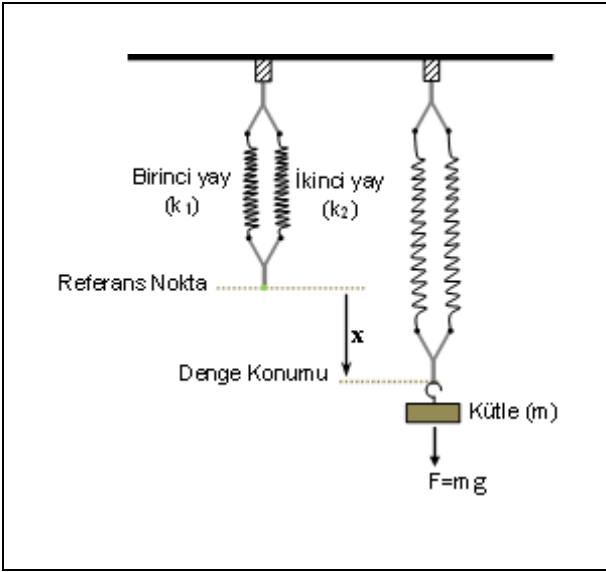
11. Yay sistemi için hesaplanan (**beklenen**) yay sabiti değeri, eğimden bulunan **deneysel** yay sabiti değeri ile karşılaştırılarak aradaki fark belirlenir:

$$\rightarrow \text{Fark (\%)} = \left| \frac{\text{Beklenen} - \text{Deneyisel}}{\text{Beklenen}} \right| \times 100$$

$$\rightarrow \text{Fark (\%)} = \left| \frac{k - k'}{k} \right| \times 100$$

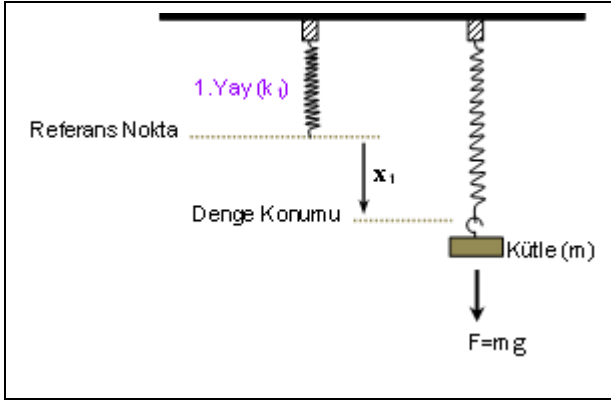
12. Karşılaştırma sonuçları, **Tablo-(9)**'a not edilir.

DENEY-3: Yayların Paralel Bağlanması Yay Sabitini Belirlemesi

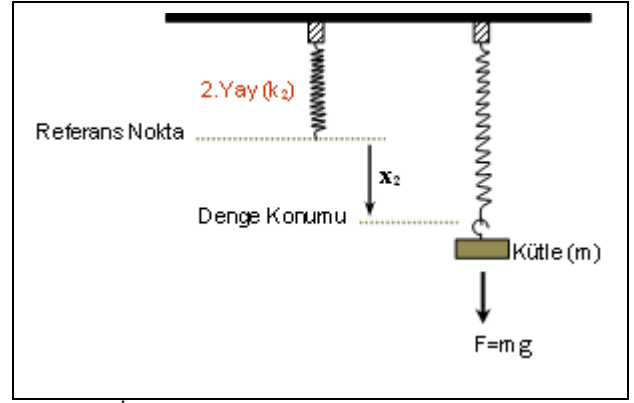


Şekil-16: Paralel bağlı yay sistemine ait yay sabitini belirleyen deney düzeneği.

1. Deney düzeneğine yay sabitleri farklı "iki yay" (yay teli çapı, $\phi=0.60\text{mm}$ ve $\phi=0.70\text{mm}$) paralel olarak bağlanır.
2. Yay sisteminin ucuna kütle asılmamışken, sistemin serbest ucunun alt kısmına yakın bir nokta, referans noktası olarak seçilir (Şekil-16).
3. Yay sisteminin ucuna $m=50\text{g}$ kütle takılır.
 - 3.1. Yay sistemine, m -kütelli cisim asıldığında, kütle-yay sisteminin denge konumuna gelmesi beklenir.
 - 3.2. Paralel bağlı yay sisteminde iki yay eşit miktarda, x kadar uzayacaktır.
 - 3.3. Yay sistemi denge konumuna geldiğinde, referans noktaya göre uzama miktarı (x) olan gerilme uzunluğu ölçülür.
 - 3.4. Ölçülen uzama miktarı, Tablo-(10)'a not edilir.
4. Aynı şekilde, yay sistemine $m=100\text{g}$ ve 200g kütleler asılarak, her bir kütle tarafından yay sisteminde oluşan yeni uzama miktarları (x) ölçülür ve Tablo-(10)'a not edilir.
5. Paralel bağlı sistemin ucuna asılan her bir kütle için $ağırlığı$ hesaplanarak, paralel bağlama durumunda her bir kütle için yay sistemine uyguladığı kuvvet ($F=mg$) belirlenir.
6. Yay sistemine uygulanan kuvvetin (F), yay uzunluğundaki değişiminin (x) bir fonksiyonu olarak grafiği çizilir.
 - 6.1. Grafikte, x -uzama miktarları yatay eksen üzerine (x -ekseni) ve uygulanan F -kuvvetleri dikey eksen (y -ekseni) üzerine çizilir.
 - 6.2. Veri noktalarına en iyi uyan doğrusal çizgi çizilerek, bu doğrunun denklemi grafik üzerinde gösterilir.
 - 6.3. Çizilen en uygun doğrusal çizginin, F - x grafiğinin orijin noktasından geçmesine önemle dikkat edilmelidir.
 - 6.4. Grafiğin eğimi, "paralel bağlı yay sisteminin" "deneysel" yay sabiti ($k=k'$) değerini verecektir.
 - 6.5. Yay sistemine ait "deneysel" yay sabiti değeri (yani, sistemin eşdeğer yay sabiti), Tablo-(10)'a kaydedilir.



Şekil-17: Birinci yay için yay sabitinin belirlenmesi.



Şekil-18: İkinci yay için yay sabitinin belirlenmesi.

7. Şimdi, deney düzeneğinde paralel olarak bağlı bu iki yay birbirinden ayrılır.

7.1. Bu iki yaydan, yay teli çapı $\phi=0.60\text{mm}$ olan yay seçilir ve tek olarak deney düzeneğine yerleştirilir (Şekil-17).

7.2. Yaya herhangi bir kütle takılmadan önce, yayın serbest ucunun alt kısmına yakın bir nokta, referans noktası olarak seçilir.

7.3. Yayın ucuna, $m=200\text{g}$ (0.2kg) kütle takılır.

7.4. Yaya m -kütleli cisim asıldığında, kütle-yay sisteminin deng konumuna gelmesi beklenir.

7.5. Deng konumunda, yay üzerindeki referans noktanın uzatıldığı, yani yaydaki **uzama miktarı** ($x=x_1$), yükseklik-ölçer yardımıyla belirlenir.

7.6. Asılı kütle için bu yaya uyguladığı kuvvet (F) belirlenir:

$$\rightarrow F = mg$$

Yayın, kütle üzerinde yukarı doğru uyguladığı $F=kx$ kuvvetinin büyüklüğü, cismin ağırlığını ($W=mg$) dengeleyecek kadardır.

7.7. Düzenekte kullanılan bu yay için yay sabiti (k_1) değeri hesaplanır:

$$\rightarrow F = kx = mg$$

8. Benzer şekilde, aynı deney düzeneği kullanılarak ikinci yay ($\phi=0.70\text{mm}$) için yay sabiti (k_2) değeri belirlenir (Şekil-18).

9. Bulunan her bir yay sabiti değeri, k_1 ve k_2 olarak **Tablo-(11)** ve **(12)**'ye not edilir.

10. Ayrı ayrı belirlenen bu yay sabitleri (k_1 ve k_2) kullanılarak, **paralel bağlı** yay sistemine ait "**beklenen**" yay sabiti (k) değeri hesaplanır:

$$\rightarrow k = k_1 + k_2$$

Bu eşitlik, paralel bağlı sistemin beklenen eşdeğer yay sabitini verecektir.

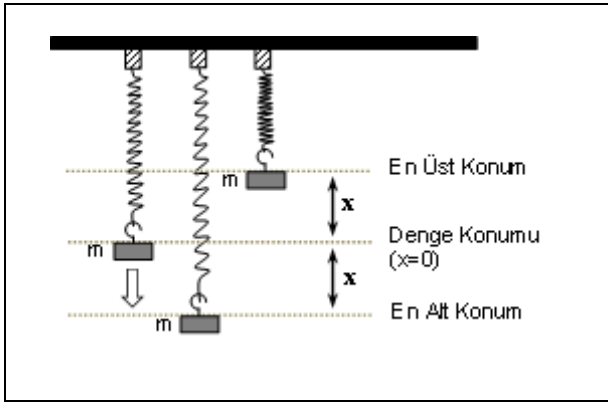
11. Yay sistemi için hesaplanan (**beklenen**) yay sabiti değeri, eğimden bulunan **deneySEL** yay sabiti değeri ile karşılaştırılarak aradaki fark belirlenir.

12. Karşılaştırma sonuçları **Tablo-(13)**'e not edilir.

13. Yay sabitleri k_1 ve k_2 olan eşit uzunluktaki iki yay önce seri ve sonra paralel bağlanıp, uçlarına m -kütlesi asılıyor. Yaylar seri bağlandığında periyot T_1 , paralel bağlandığında ise T_2 oluyor. Buna göre T_1/T_2 oranı nedir?.

DENEY-4: Periyot

Salınım Periyodunun Bulunması



Şekil-19: Yaya bağlı kütle (m) periyodunu belirlemek için kurulan deney düzeneği.

1. Deneyde kullanılacak olan yay (yay teli çapı, $\phi=0.60\text{mm}$), düzende sabit bir noktaya asılır.
2. Yayın ucuna, $m=50\text{g}$ (0.05kg) kütle takılır ve sistemin denge konumuna gelmesi beklenir.
3. Kütle, denge konumundan (yay ucuna asılı kütle çekilmeden önceki durağan olduğu konum) aşağı doğru $x=2\text{-}3\text{cm}$ çekilir.
4. Denge konumundan uzaklaştırılmış kütle serbest bırakıldığı anda **kronometre** cihazı başlatılır.
 - 4.1. Kütle (m) yayla beraber aşağı-yukarı doğru salınım yapmaya başlayacaktır (Şekil-19).
 - 4.2. En alt konumdan başlayıp, denge konumundan geçerek tekrar *en alt konuma* gelmesi bir tam salınım olarak ifade edilir.
 - 4.3. Kütle, on (10) *tam salınım hareketi* yaptığında, **kronometre** cihazı durdurulur ve buradan okunan zaman (t_{10}) not edilir.
 - 4.4. Kronometreden okunan zaman (t_{10}), *tam salınım sayısına* (10) bölünerek, bir tek salınım için geçen zaman yani **periyot** (T) bulunur:

$$\rightarrow T = \frac{t_{10}}{10}$$

Yayın ucuna bir kütle (cisim) asılıp denge konumundan aşağıya doğru çekilip uzaklaştırılarak serbest bırakılırsa, yay düşey doğrultuda bir salınım hareketi yapmaya başlayacaktır. Cisim denge konumu etrafında salınım hareketi yaparken bir tam salınım için geçen zamana **periyot** (T) denir.

4.5. Salınım hareketinin bir tam turu için bulunan bu değer, **periyot** (T) olarak not edilir (Tablo-14).

5. Benzer şekilde, aynı yayda sırasıyla $m=100$ ve 200g kütleler kullanarak, yayın ucunda basit harmonik hareket yapan her bir kütle için salınım hareketinin periyodu (T) belirlenir.
6. Her bir kütle için periyodun karesi (T^2) hesaplanarak **Tablo-14**'e not edilir.
7. Kütle (m) karşılık periyodun karesinin (T^2) grafiği çizilir.
 - 7.1. Grafikte, *periyodun karesi*, T^2 yatay eksen (x-ekseni) üzerine ve *kütle değeri*, m dikey eksen (y-ekseni) üzerine çizilir.
 - 7.2. Veri noktalarına en iyi uyan doğrusal çizgi çizilerek, bu doğrunun denklemi grafik üzerinde gösterilir.
 - 7.3. Çizilen en uygun doğrusal çizginin, $m-T^2$ grafiğinin orijin noktasından geçmesine önemle dikkat edilmelidir.
 - 7.4. Grafiğin *eğimi* ve *yay sabiti* (k) arasında;

$$\rightarrow \text{Eğim} = \frac{k}{4\pi^2}$$
 bağıntısı olup, buradan "**deneysel**" *yay sabiti* ($k=k'$) hesaplanır (Tablo-14).
8. Deney düzeneği, aynı yay kullanılarak tekrar hazırlanır.
 - 8.1. Yaya $m=200\text{g}$ (0.2kg) kütle asılır.
 - 8.2. Yaydaki uzama miktarı (x) ölçülür.

8.3. Hooke yasasına göre beklenen yay sabiti değeri hesaplanır.

8.4. Hesaplanan bu yay sabiti, **Tablo-(15)**e "beklenen" yay sabiti (k) değeri olarak not edilir.

9. Eğimden "deneysel" olarak bulunan yay sabiti, "beklenen" değerle karşılaştırılarak aradaki "fark" belirlenir:

$$Fark(\%) = \left| \frac{Beklenen - Deneysel}{Beklenen} \right| \times 100$$

$$Fark(\%) = \left| \frac{k - k'}{k} \right| \times 100$$

10. Bulunan sonuç **Tablo-(16)**'ya not edilir.

11. Aynı işlemleri farklı yaylar için tekrarlanır.

12. Basit harmonik harekette periyot nedir?.

Bir tam salınımın tamamlanması için geçen süredir.

13. Aynı boyda sert ve yumuşak iki farklı yayın uçlarına aynı kütleler asılıp salınım yaptırılırsa hangisinin periyodu büyük olur?

Sert yayların yay sabiti (k) değeri büyük, yumuşak yayların küçüktür. Bu nedenle, yumuşak yaya bağlı cismin periyodu sert yaya göre daha büyük olur.

14. Yay sisteminde, basit harmonik hareket yapan cismin hızı denge konumundan geçerken nasıldır?.

Basit harmonik hareket yapan cismin hızı denge konumunda maksimumdur. Bununla beraber, yaya asılı harmonik hareket yapan m-kütleli cismin, hareketin en üst ve en alt noktalarındaki (yani, kütleli bir anlık durduğu konumlardaki) hızı sıfırdır.

15. Basit harmonik harekette yaya bağlı kütleli değeri artarsa periyodun değerinde nasıl bir değişim olur?.

Yaya bağlı m-kütleli bir cismin basit harmonik hareketinde kütle değeri artarsa, yaya bağlı kütleli cismin periyodunda artış olur.

16. Yay sabitleri 20N/m olan iki benzer yay seri bağlanarak bu sistemin ucuna m=0.1kg kütleli cisim asılıyor ve denge konumuna gelmesi bekleniyor. Eğer kütle, denge konumundan belirli bir miktar aşağı çekilip serbest bırakılırsa, harmonik hareket yapan cismin periyodu kaç saniye olacaktır?.

İlk olarak seri bağlı sistemin eşdeğer yay sabiti bulunur. Bulunan bu değer ve cismin kütleli periyot bağıntısında yerine yazılarak, hareketin periyodu hesaplanır.

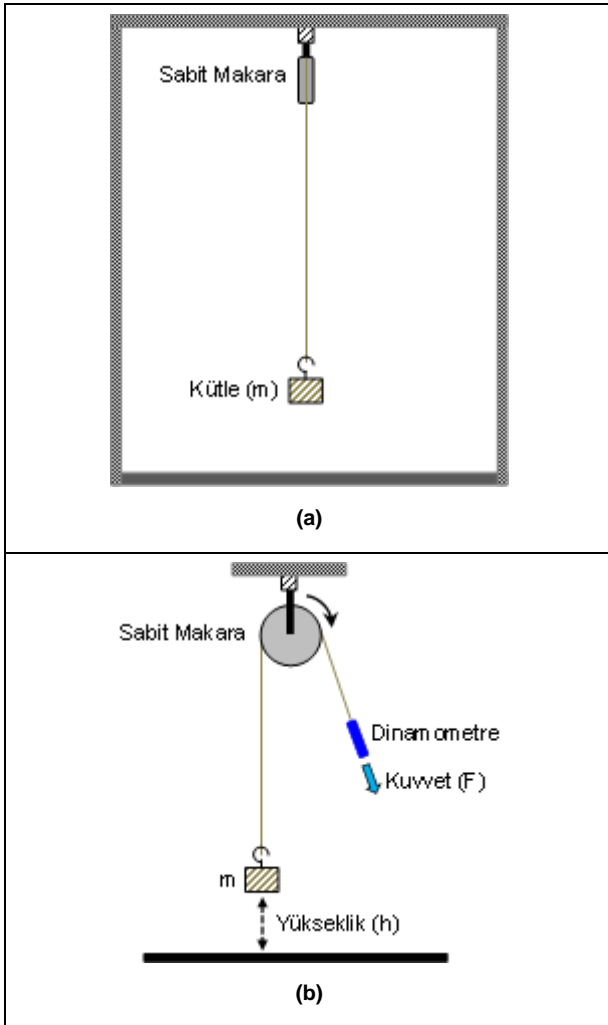
☑ Sorular

→ Yaya uygulanan kuvvet ve yayın gerilmesi (uzunluğundaki değişim) arasındaki bağıntıyı tanımlayan genel denklemi yazın.

→ Yayın uzaması ile yaya takılan kütlelerin (m) ağırlıklarının neden olduğu kuvvet arasında bir oran var mıdır?. Cevabınızı şekil üzerinde kısaca açıklayınız.

→ Deneyin bu bölümünde bulduğunuz yay sabitinin (k) diğer "farklı" yaylar içinde kullanılabileceğini düşünüyor musunuz?. Niçin kullanılıp kullanılmayacağını kısaca açıklayınız.

DENEY-5: Sabit Makara Kuvvet Ölçümleri



Şekil-20: Sabit makara kullanarak hazırlanan deney düzeneği (a) ve dinamometre kullanarak sabit makara sisteminde kuvvet ile yol ölçümü (b).

1. Sabit bir makara deney düzeneğine takılır ve etrafından ip geçirilir (Şekil-20a).

1.1. Makara sisteminde ipin ucuna $m=50g$ ($0.05kg$) kütle (m) asılır.

1.2. İpin diğer ucuna dinamometre takılır ve kütle belirli bir miktar çekilerek denge konumuna getirilir.

2. Sistem denge konumundayken, çekme kuvveti (F) dinamometreden ölçülür (Şekil-20b).

Dinamometre yüksüz konumdayken sıfırı gösterecek şekilde olmalıdır.

3. Sabit makarada yükün ağırlığı ($W=mg$) hesaplanır ve Tablo-(17)'ye not edilir.

4. Şimdi, sabit makarada kütle; dinamometrenin bağlı olduğu ip kullanılarak $h=10cm$ yukarı çekilir.

4.1. Kütle aldıkları yola yani yükselme miktarına ($h=10cm$) karşılık, ipin çekilme miktarı (x) cetvel üzerinden ölçülür.

4.2. Veriler deney tablosuna not edilir (Tablo-18).

5. Deney, $m=100$ ve $200g$ kullanılarak tekrar edilir.

6. Sabit makarada uygulanan kuvvetin büyüklüğü (F), yükün ağırlığına (W) eşit midir?.

Sabit makarada yük (W) ile uygulanan kuvvetin büyüklüğünün (F) birbirine eşit olması gerekir. Eğer değilse, bu durum sağlanacak şekilde deney tekrar edilir.

7. İpin çekilme miktarı, kütle yüksele miktarına eşit midir?.

Sabit makarada dinamometrenin (F-kuvvetinin) bağlı olduğu ip ne kadar çekilirse, yükte o kadar yükselir (yukarı çıkar). Bu nedenle, sabit makaralarda yoldan kazanç yoktur.

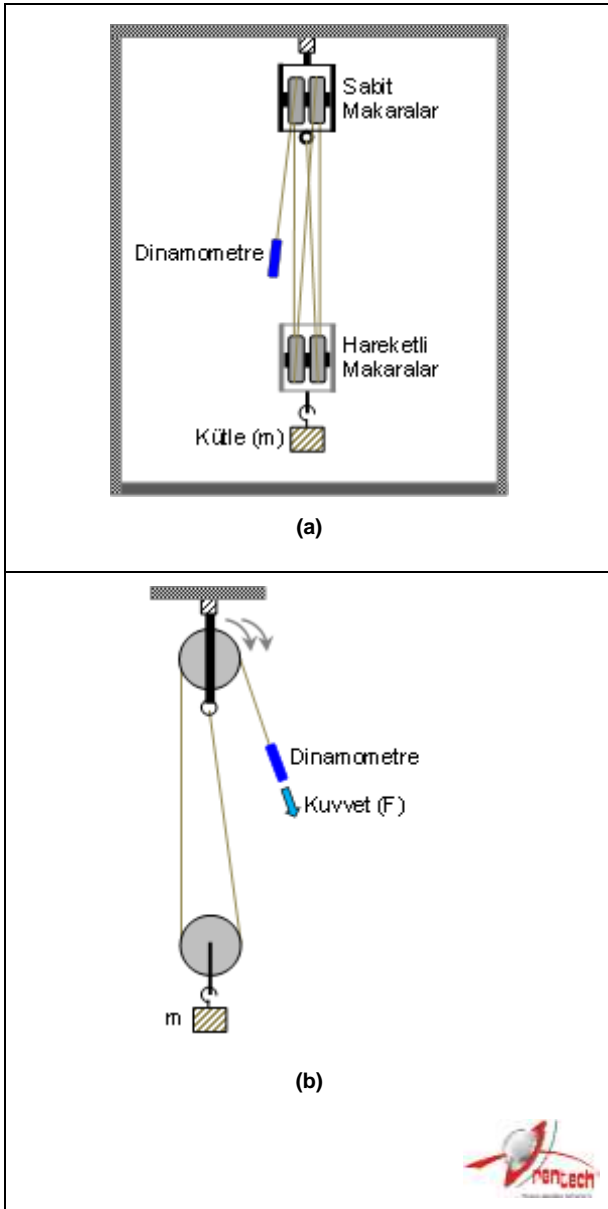
8. Sabit makarada, kuvvetin büyüklüğü ipin çekilme yönüne bağlı mıdır?.

Sabit makara sürtünmesiz ve yük denge konumunda ise, kuvvetin büyüklüğü (F) ipin çekilme yönüne bağlı değildir.

9. Sabit makarada kuvvetten kazanç var mıdır?.

Sabit makarada kuvvetten kazanç yoktur. Kuvvet sadece yön değiştirir, değerinde bir azalma olmaz.

DENEY-6: Palangalar
Kuvvet Ölçümleri



Şekil-21: Palanga sistemi kullanılarak hazırlanan deney düzeneği (a) ve dinamometre kullanarak palanga sisteminde kuvvet ile yol ölçümü (b).

1. İki sabit ve iki hareketli olmak üzere toplam dört makara ile birbirlerine geçirildikten sonra deney düzeneğine takılır (Şekil-21a).
2. İpin ucuna $m=50g$ ($0.05kg$) kütle asılır.
3. İpin diğer ucuna bir dinamometre takılır ve ip belirli bir mesafe çekilerek, uygulanan kuvvet (F) dinamometre üzerinden okunur (Şekil-21b).

4. Denge konumunda okunan bu kuvvet (F) deney tablosuna kaydedilir. (Tablo-19).
5. Benzer şekilde, asılı yükün ağırlığı ($W=mg$) hesaplanarak deney tablosuna not edilir.
6. Şimdi, sabit makarada m -kütleli cisim; dinamometrenin bağlı olduğu ip kullanılarak $h=10cm$ yukarı çekilir.
7. Kütle aldıkları yola yani yükselme miktarına ($h=10cm$) karşılık, kuvvet uygulanan ipin çekilme miktarı (x) cetvel üzerinden ölçülür ve deney tablosuna not edilir (Tablo-19).
8. Aynı işlemler, $m=100$ ve $200g$ kütleler kullanılarak gerçekleştirilir ve alınan sonuçlar deney tablosuna not edilir (Tablo-19).
9. Deney, üç sabit ve üç hareketli makara kullanılarak tekrar edilir (Tablo-20).
10. Palanga sisteminde dengeleyici kuvvetin değeri (F), asılı yükün ağırlığına (W) eşit midir?.

Makara ağırlıkları ve sürtünmenin önemsiz olduğu palanga sisteminde, sistemi dengede tutan F -kuvveti yükün ağırlığına (W) eşit değildir. Palangalarda yükü kaldıracak kuvvet; yükün, sabit ve hareketli makaralar arasındaki ip sayısına bölümüne eşittir.

11. Palangalarda kuvvetten kazanç var mıdır?.

Palangalar kuvvetten kazanç sağlar ve uygulanan kuvvetin yönünü değiştirir.

12. Palangalarda yoldan kayıp var mıdır?.

Palanga sisteminde, kuvvetten kazanç, yoldan kayıp vardır. Örneğin, uygulanan kuvvet (F) yükün dörtte biri kadar olması durumunda, yükün alacağı yol (h), kuvvet uygulanan ipin çekilme miktarının (x) dörtte biri kadar olur ($x=4h$).

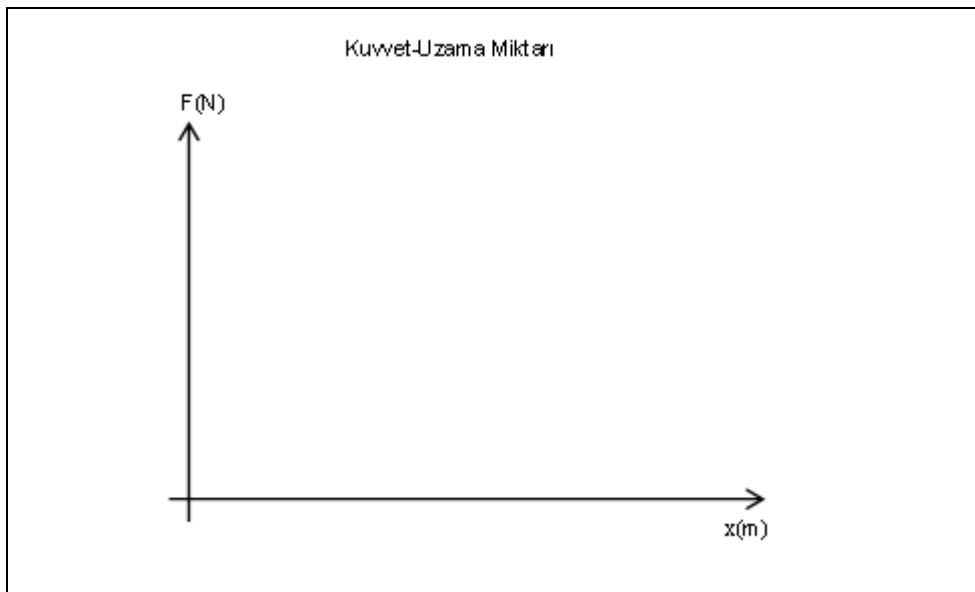
5. Deney Raporu

Adı ve Soyadı:	_____
Bölüm:	_____
Öğrenci No:	_____
Tarih:	_____

DENEY-1: Hooke Yasası
Yay Sabitinin Belirlenmesi

Tablo-1: Farklı kütleler kullanarak yay sabitinin grafik eğiminden belirlenmesi.

Ölçülen	Kullanılan	Hesaplanan	Ölçülen	Grafik	Deneysel
Yay Teli Çapı	Kütle	Yaya Uygulanan Kuvvet	Yay Uzama Miktarı	Eğim	Yay Sabiti
ϕ (mm)	m(kg)	F(N) $F(N) = mg$	x(m)	a (N/m) $Eğim = k$	k(N/m)
.....
.....
.....



Grafik-1: Yay uzama miktarının yaya etki eden kuvvete göre değişimi.

Tablo-2: Birinci yay için hesaplanan (beklenen) yay sabiti değeri.

Ölçülen	Kullanılan	Hesaplanan	Ölçülen	Beklenen
Yay Teli Çapı	Kütle	Yaya Uygulanan Kuvvet	Uzama Miktarı	Yay Sabiti
ϕ (mm)	m(kg)	F(N) $F(N) = mg$	x₁(m)	k₁(N/m) $F(N) = kx$
.....

Tablo-3: İkinci yay için hesaplanan (beklenen) yay sabiti değeri.

Ölçülen	Kullanılan	Hesaplanan	Ölçülen	Beklenen
Yay Teli Çapı	Kütle	Yaya Uygulanan Kuvvet	Uzama Miktarı	Yay Sabiti
ϕ (mm)	m(kg)	F(N) $F(N) = mg$	x₂(m)	k₂(N/m) $F(N) = kx$
.....

Tablo-4: Üçüncü yay için hesaplanan (beklenen) yay sabiti değeri.

Ölçülen	Kullanılan	Hesaplanan	Ölçülen	Beklenen
Yay Teli Çapı	Kütle	Yaya Uygulanan Kuvvet	Uzama Miktarı	Yay Sabiti
ϕ (mm)	m(kg)	F(N) $F(N) = mg$	x₃(m)	k₃(N/m) $F(N) = kx$
.....

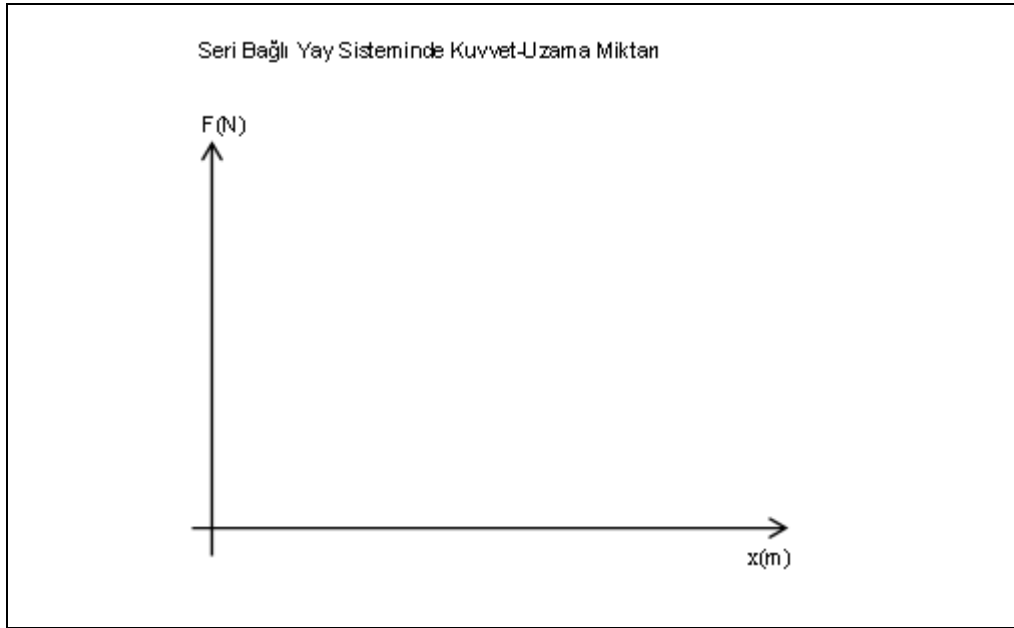
Tablo-5: Birinci yay için deneysel bulunan yay sabitinin beklenen yay sabiti değeriyle karşılaştırılması.

Birinci Yay	Yay Sabiti (Deneysel)	Yay Sabiti (Beklenen)	Yüzdellik Fark
Yay Teli Çapı	Eğim	Hesaplanan	Hesaplanan
ϕ (mm)	k(N/m) $Eğim = k$	k(N/m) $F(N) = kx$	$\Delta k(\pm\%)$ $Fark (\%) = \left \frac{k - k'}{k} \right \times 100$
.....

DENEY-2: Yayların Seri Bağlanması
Yay Sabitinin Belirlenmesi

Tablo-6: Seri bağlı yay sistemi için yay sabitinin grafik eğiminden belirlenmesi.

Kullanılan	Hesaplanan	Ölçülen	Grafik	Deneysel
Kütle	Yaya Uygulanan Kuvvet	<i>Sistemin</i> Uzama Miktarı	Eğim	Yay Sabiti
m(kg)	F(N) $F(N) = mg$	x(m)	a(N/m) $Eğim = k$	k(N/m)
.....
.....		
.....		



Grafik-2: Seri bağlı yay sisteminin uzama miktarının uygulanan kuvvete göre değişimi.

Tablo-7: Seri bağılı sistemde birinci yayın hesaplanan (beklenen) yay sabiti değeri.

Ölçülen	Kullanılan	Hesaplanan	Ölçülen	Beklenen
Yay Teli Çapı	Kütle	<i>Sisteme</i> Uygulanan Kuvvet	Uzama Miktarı	Yay Sabiti
ϕ (mm)	m(kg)	F(N) $F(N) = mg$	x₁(m)	k₁(N/m) $F(N) = kx$
.....

Tablo-8: Seri bağılı sistemde ikinci yayın hesaplanan (beklenen) yay sabiti değeri.

Ölçülen	Kullanılan	Hesaplanan	Ölçülen	Beklenen
Yay Teli Çapı	Kütle	<i>Sisteme</i> Uygulanan Kuvvet	Uzama Miktarı	Yay Sabiti
ϕ (mm)	m(kg)	F(N) $F(N) = mg$	x₂(m)	k₂(N/m) $F(N) = kx$
.....

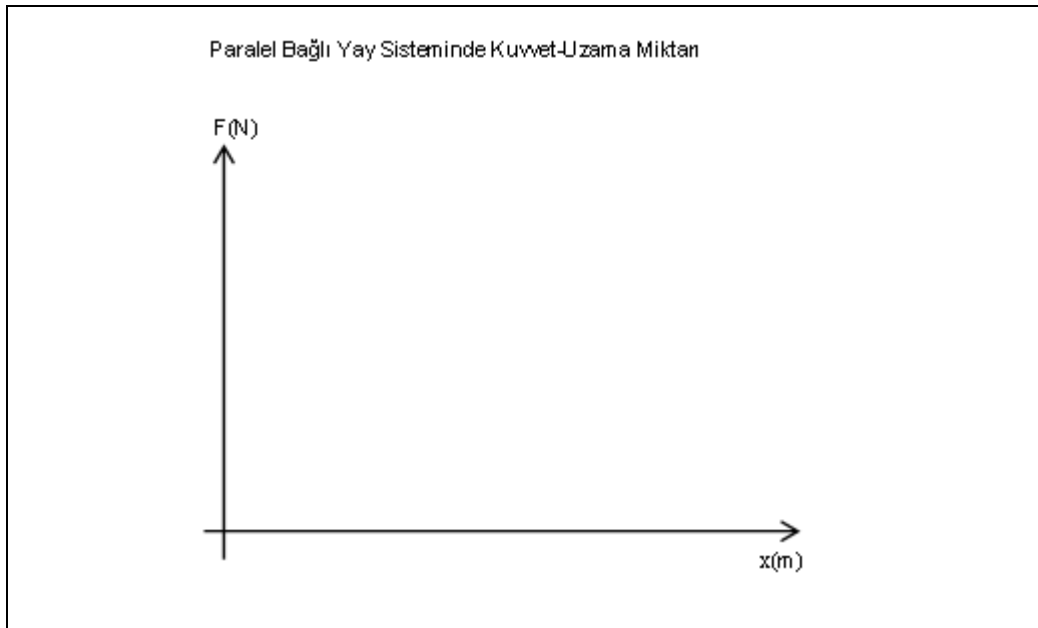
Tablo-9: Seri bağılı yay sistemi için deneysel bulunan yay sabitinin beklenen değerle karşılaştırılması.

Sistemin Yay Sabiti (Deneysel)	Sistemin Yay Sabiti (Beklenen)	Yüzdellik Fark
Eğim	Hesaplanan	Hesaplanan
k(N/m) $Eğim = k$	k(N/m) $k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$	$\Delta k(\pm\%)$ $Fark (\%) = \left \frac{k - k'}{k} \right \times 100$
.....

DENEY-3: Yayların Paralel Bağlanması
Yay Sabitinin Belirlenmesi

Tablo-10: Paralel bağlı yay sisteminde yay sabitinin grafik eğiminden belirlenmesi.

Kullanılan	Hesaplanan	Ölçülen	Grafik	Deneysel
Kütle	Yaya Uygulanan Kuvvet	<i>Sistemin</i> Uzama Miktarı	Eğim	Yay Sabiti
$m(\text{kg})$	$F(\text{N})$ $F(N) = mg$	$x(\text{m})$	$a(\text{N/m})$ $Eğim = k$	$k(\text{N/m})$
.....
.....		
.....		



Grafik-3: Paralel bağlı yay sisteminin uzama miktarının uygulanan kuvvete göre değişimi.

Tablo-11: Paralel bağılı sistemde birinci yayın hesaplanan (beklenen) yay sabiti değeri.

Ölçülen	Kullanılan	Hesaplanan	Ölçülen	Beklenen
Yay Teli Çapı	Kütle	<i>Sisteme</i> Uygulanan Kuvvet	Uzama Miktarı	Yay Sabiti
ϕ (mm)	m(kg)	F(N) $F(N) = mg$	x₁(m)	k₁(N/m) $F(N) = kx$
.....

Tablo-12: Paralel bağılı sistemde ikinci yayın hesaplanan (beklenen) yay sabiti değeri.

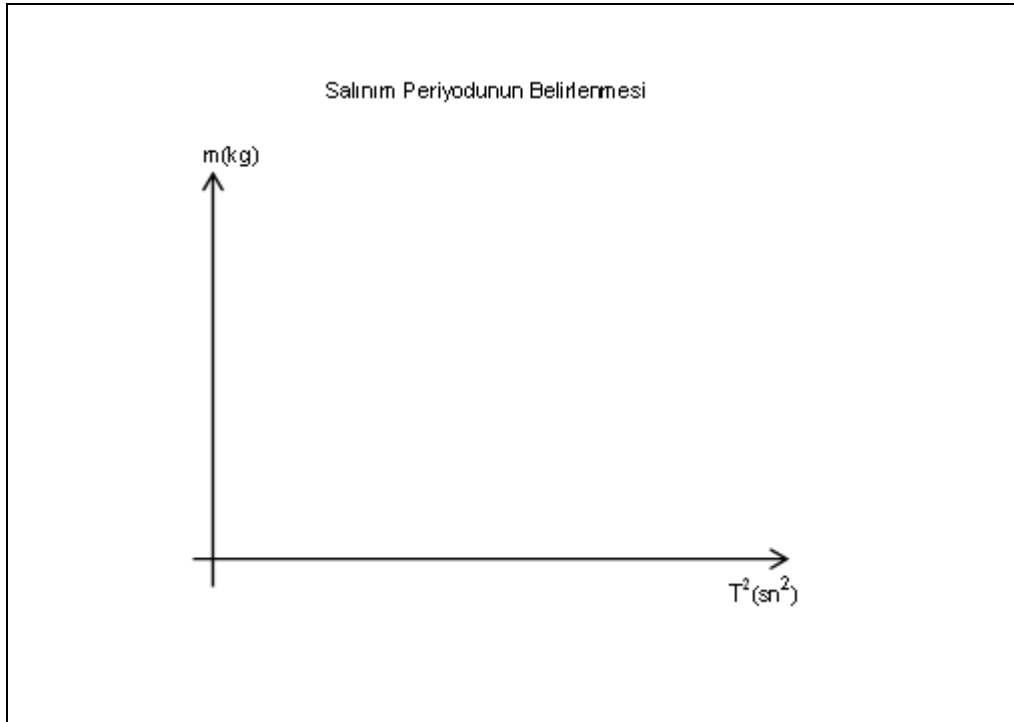
Ölçülen	Kullanılan	Hesaplanan	Ölçülen	Beklenen
Yay Teli Çapı	Kütle	<i>Sisteme</i> Uygulanan Kuvvet	Uzama Miktarı	Yay Sabiti
ϕ (mm)	m(kg)	F(N) $F(N) = mg$	x₂(m)	k₂(N/m) $F(N) = kx$
.....

Tablo-13: Paralel bağılı yay sistemi için yay sabitinin karşılaştırılması.

Sistemin Yay Sabiti (Deneysel)	Sistemin Yay Sabiti (Beklenen)	Yüzdellik Fark
Eğim	Hesaplanan	Hesaplanan
k(N/m) $Eğim = k$	k(N/m) $k = k_1 + k_2$	$\Delta k(\pm\%)$ $Fark (\%) = \left \frac{k - k'}{k} \right \times 100$
.....

DENEY-4: Periyot**Salınım Periyodunun Belirlenmesi****Tablo-14:** Salınım hareketinin periyodu kullanılarak yay sabitinin grafik eğiminden bulunması.

Ölçülen	Kullanılan	Kronometre	Hesaplanan	Grafik	DeneySEL
Yay Teli Çapı	Kütle	Periyot	Periyodun Karesi	Eğim	Yay Sabiti
ϕ (mm)	m(kg)	T(sn.)	T^2 (sn²)	a(N/m) $Eğim = \frac{k}{4\pi^2}$	k(N/m)
.....
.....
.....

**Grafik-4:** Harmonik hareket yapan cismin kütlesi ve salınım periyodunun karesi arasındaki değişim.

Tablo-15: Deneyde kullanılan yayın **beklenen** (hesaplanan) yay sabiti değeri.

Ölçülen	Kullanılan	Hesaplanan	Ölçülen	Beklenen
Yay Teli Çapı	Kütle	Yaya Uygulanan Kuvvet	Uzama Miktarı	Yay Sabiti
ϕ (mm)	m(kg)	F(N) $F(N) = mg$	x₁(m)	k₁(N/m) $F(N) = kx$
.....

Tablo-16: Deneysel bulunan yay sabitinin beklenen yay sabiti değeriyle karşılaştırılması.

Birinci Yay	Yay Sabiti (Deneysel)	Yay Sabiti (Beklenen)	Yüzdellik Fark
Yay Teli Çapı	Eğim	Hesaplanan	Hesaplanan
ϕ (mm)	k(N/m) $Eğim = \frac{k}{4\pi^2}$	k(N/m) $F(N) = kx$	$\Delta k(\pm\%)$ $Fark (\%) = \left \frac{k - k'}{k} \right \times 100$
.....

DENEY-5: Sabit Makara
Kuvvet ve Yol Ölçümleri

Tablo-17: Sabit makarada kuvvet ölçümleri.

Kullanılan	Hesaplanan	Dinamometre
Kütle	Ağırlık	Okunan Kuvvet
$m(\text{kg})$	$W(\text{N})$ $W = mg$	$F(\text{N})$
.....
.....
.....

Tablo-18: Sabit makarada asılı kütle için yer değiştirme ölçümleri.

Kullanılan	Ölçülen	
Kütle	İpin Çekilme Miktarı	Kütlenin Yükselme Miktarı
$m(\text{kg})$	$x(\text{m})$	$h(\text{m})$
.....
.....
.....

DENEY-6: Palangalar
Kuvvet ve Yol Ölçümleri

Tablo-19: İki hareketli ve iki sabit makaradan oluşan palanga sisteminde kuvvet ve yol ölçümleri.

Kullanılan	Hesaplanan	Dinamometre	İpin Çekilme Miktarı	Kütlenin Yükselme Miktarı
Kütle	Ağırlık	Okunan Kuvvet		
m(kg)	W(N) $W = mg$	F(N)	x(m)	h(m)
.....
.....
.....

Tablo-20: Üç hareketli ve üç sabit makaradan oluşan palanga sisteminde kuvvet ve yol ölçümleri.

Kullanılan	Hesaplanan	Dinamometre	İpin Çekilme Miktarı	Kütlenin Yükselme Miktarı
Kütle	Ağırlık	Okunan Kuvvet		
m(kg)	W(N) $W = mg$	F(N)	x(m)	h(m)
.....
.....
.....