

Paketleme Listesi

1. Atwood Düzeneği:
 - 1.1. Photogate (2 adet)
 - 1.2. Kütle Takımı (1x**50gr**, 1x**30gr**, 1x**20gr**, 1x**10gr**, 2x**5gr**)
 - 1.3. Mıknatıs Tutacağı ve Kontrol Butonu
 - 1.4. Gösterge Ekranı
 - 1.5. Sürtünmesiz Makara
 - 1.6. Ağırlıksız İp
2. Bağlantı Kabloları:
 - 2.1. Güç Kablosu
 - 2.2. Mıknatıs Butonu Kablosu
 - 2.3. Mıknatıs Tutacağı Kablosu
 - 2.4. Photogate-1Kablosu
 - 2.5. Photogate-2Kablosu

Rentech

İçindekiler

Bölüm	Sayfa
1. Amaç	4
2. Atwood Makinesi	4
3. Deney Düzenegi	7
4. Deneyin Yapılışı	8
5. Deney Raporu	10

Rentech

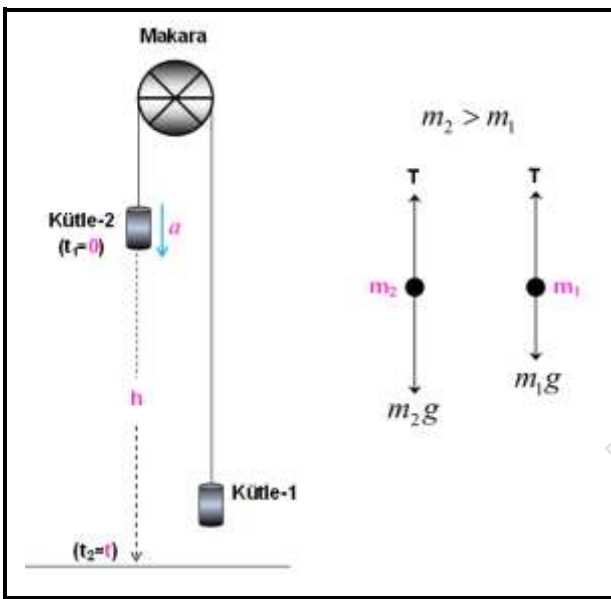
1. Amaç

Bu deneyde;

1. Atwood makinesi yardımıyla sabit ivmeli doğrusal hareketin incelenmesi,
2. Kuvvet, kütle ve ivme arasındaki bağıntıların araştırılması,
3. Newton'un ikinci hareket yasasının çalışılması,

amaçlanmıştır.

2. Atwood Makinesi



Şekil-1: Atwood makinesi ve her bir kütle üzerine etki eden kuvvetler. Atwood makinasında, ip ile makara kütsüz kabul edilir ve makara serbest dönüş yapabilme özelliğine sahiptir.

Atwood makinesi yer çekiminden dolayı oluşan bir sistemin ivmesini (a) ölçmek için ve bu ivmenin, sistemin toplam kütesinin yanı sıra sistem üzerindeki net kuvvete bağlılığını incelemek için kullanılan bir düzendir. Başlangıçta **hareketsiz** olan bir m -kütlesi cismi hareketlendirmek için, **cisme** (kütleye) bir kuvvet uygulamalıyız. Bu cismin ivmesi (a), uygulanan net kuvvete ve cismin kütesine bağlıdır. Şekil-(1)'de gösterilen sistem, **Atwood makinesi** olarak ifade edilir. Bu makine, sürtünmesiz bir makara üzerinden geçirilen ağırlıksız (esnek olmayan ve ağırlığı önemsenmeyen) bir ipin iki ucuna bağlı iki farklı kütleden, m_1 ve m_2 (burada, $m_2 > m_1$), oluşur.

Atwood makinesinde; T ip **gerilmesi** (gerilme kuvveti), m_1 **hafif olan kütle**, m_2 **ağır olan kütle** ve g ise **yer çekimi** ivmesidir. Eğer sistem üzerine etki eden herhangi bir dış kuvvet, örneğin sürtünme kuvveti yok ise (sürtünme ihmal edilirse);

- ✓ m_1 kütlesi üzerindeki **net kuvvet**, T gerilme kuvveti ile m_1g arasındaki fark ($T > m_1g$),
- ✓ m_2 kütlesi üzerindeki **net kuvvet**, T gerilme kuvveti ile m_2g arasındaki fark ($T < m_2g$) olacaktır.

Başlangıçta durmakta olan bir cismi (kütleyi) hareket ettirebilmek için o cisim üzerine bir **kuvvet** uygulamak gerekir. Atwood düzeneğinde asılı olan iki kütle (m_1 ve m_2) arasındaki ağırlık farkı, sisteme etki eden **net kuvveti** belirler. Bu net kuvvet, asılan kütleleri ivmelendirir. İki kütleden biri diğerinden daha ağırsa ($m_2 > m_1$), kütle sistemi Şekil-(1)'de gösterildiği gibi hareket eder. Sistemin iki kütlesi, **hareketsiz** (durağan) pozisyonundan serbest bırakıldığında, ağır m_2 kütlesi **sabit** ivme ile aşağı doğru hareket ederken, m_1 kütlesi de **aynı ivme** ile yukarı doğru hareket eder. Burada, daha ağır olan m_2 kütlesi aşağı doğru $m_2g > T$ gibi bir bileşke kuvvete maruz kalırken, hafif olan m_1 kütlesi için ise $m_1g < T$ gibi bir kuvvet etkilidir. Bir cisim (kütle) üzerine etki eden kuvvetlerin toplamına **net kuvvet** denir. Bir cismin ivmesi ($\vec{a}$), cisme etki eden **net kuvvetle doğru** orantılı olup, cismin kütlesi ile **ters** orantılıdır. Örneğin, kuvveti iki katına çıkarttığımız zaman, ivme de iki katına çıkar. Bu ivmenin **yönü** ise cisme etki eden net kuvvetin yönü ile aynıdır. Bu, **Newton'un ikinci hareket** yasasıdır. Newton'un ikinci yasası;

$$\vec{a} = \frac{\Sigma \vec{F}}{m} \quad (1)$$

bağıntısı olarak yazılabilir. Burada;

- $\vec{a}$: Cismin ivmesi,
- m : Cismin kütlesi,
- $\Sigma \vec{F}$: Cisim üzerindeki net kuvvet.

Newton'un İkinci Yasasının Birimleri

Kuvvet	Kütle	İvme
Newton (N)	Kilogram (kg)	m/sn ²

Kuvvetin birimi **Newton (N)** olarak verilir ($1N=1kg.m/sn^2$).

Atwood düzeneğinde, üzerlerindeki net kuvvet sıfır olmayan m_1 ve m_2 kütleli iki cisme **Newton'un ikinci yasasını** uygulayabiliriz. Sistemde, iki cisim dengede **değildir** ve hızlanmaktadır. Her cismin üzerindeki **net kuvvet** o cismin kütlesi ile ivmesinin çarpımına eşittir:

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

Newton'un 2.hareket yasasına göre m kütleli bir cisme uygulanan **net kuvvet** ($\Sigma \vec{F}$) ile **ivme** (a) arasındaki oran sabittir ve bu cismin kütlesine eşittir.

Eşitlik-(2), $m_2 > m_1$ için her bir kütleye uygulanırsa:

$$F_{Net} = T - m_1 g = m_1 a \quad (3)$$

$$F_{Net} = m_2 g - T = m_2 a \quad (4)$$

bağıntıları bulunur. Burada;

T : İpteki gerilme (gerilme kuvveti),

a : **Her bir kütle**nin doğrusal ivmesinin büyüklüğü,

g : **Yer çekimi** ivmesidir.

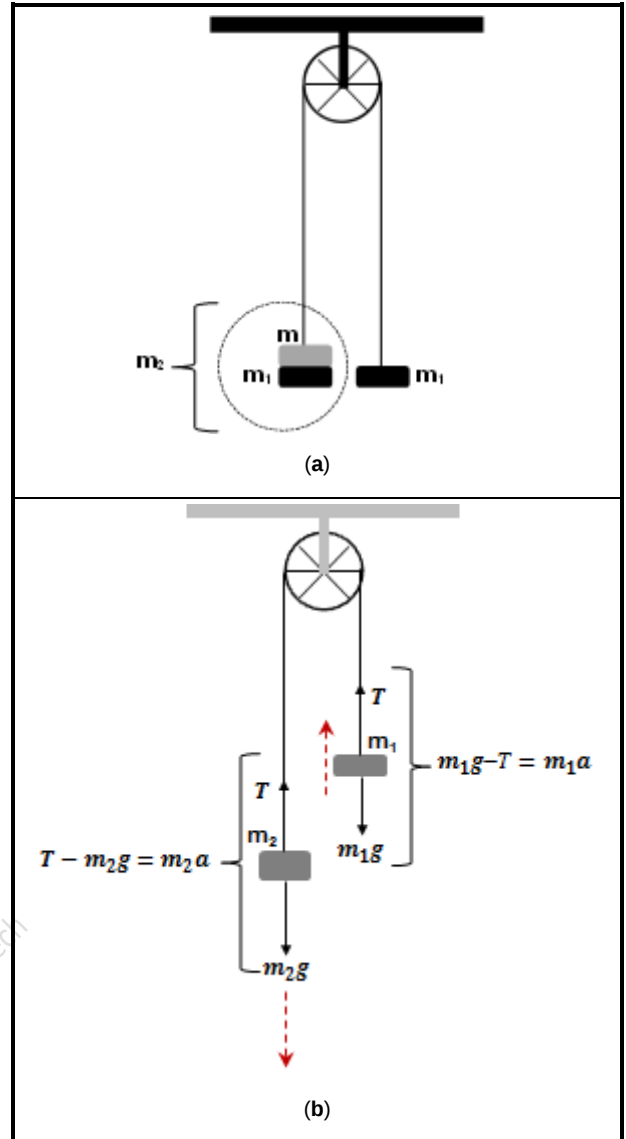
✓ Kütle m olan bir cisim üzerinde yer çekimi kuvvetinin büyüklüğüne, " mg ", cismin **ağırlığı** denir ($F_g = mg$).

Eşitlik-(3) ve **(4)** tarafından verilen bağıntılar, m_1 ve m_2 kütlelerine etki eden net kuvvetler (F_{Net}) yardımıyla bulunan **hareket** denklemlerini gösterir. Bu iki bağıntı, ip üzerindeki **T gerilme kuvvetinin büyüklüğüne** göre yeniden düzenlenirse;

$$T = m_1 a + m_1 g \quad (5)$$

$$T = m_2 g - m_2 a \quad (6)$$

$$m_1 a + m_1 g = m_2 g - m_2 a \quad (7)$$



Şekil-2: Ağırlığı ve sürtünmesi önemsenmeyen bir makara üzerinden geçen ipe bağlı iki kütle (m_2 ve m_1) arasındaki ağırlık farkı, sisteme etki eden **net kuvveti** belirler (a). İki kütleli bu sistemin hareket denklemleri (b).

$$m_1 a + m_2 a = m_2 g - m_1 g \quad (8)$$

eşitliği yazılır. **Eşitlik-(8)**'den kütle sisteminin **ivmesi** (a);

$$a = g \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \right) \quad (\text{Beklenen}) \quad (9)$$

bulunur. Bu bağıntıda, yerçekimi ivmesi $g = 9.80 m/s^2$ değerine sahiptir.

Eşitlik-(9), bu iki kütlein oluşturduğu sistem için teorik (beklenen) ivme değerini verir. Bu ifadede görüldüğü gibi, Newton'un ikinci yasası kullanılarak bulunan ivmenin değeri (a); " g " ile "kütle farkının" çarpımının "toplam kütle" bölümüne eşittir. Bu nedenle, Atwood makinesinde kütle sistemi üzerindeki net kuvvet ($\Sigma \vec{F}$), iki kütlein fakının yer çekimi ivmesi ile çarpımı olacaktır; " $g(m_2 - m_1)$ ".

Şekil-(2a)'da verilen sistem ilk hızlı serbest bırakılınca, Atwood düzeneğinde asılı iki kütle arasındaki ağırlık farkı, sisteme etki eden **net kuvveti** (F_{Net}) belirler ve bu net kuvvet asılı kütlelerin her ikisini de ivmelendirir. **Ağır kütle** (m_2) aşağı doğru sabit ivmeli hareket yaparken, **hafif kütle** (m_1) yukarı doğru ivmelenir. Sistemde m_2 kütleline, T gerilme kuvveti ve ağırlık (m_2g) olarak **iki kuvvet** etki eder (**Şekil-2b**).

✓ Eğer $m_1 = m_2$ ise, kütlelerin konumları ne olursa olsun sistem dengededir. Bununla beraber, eğer $m_1 < m_2$ ise, her iki cisimde **sabit ivme** (a) ile hareket eder.

Eğer, m_2 kütle $t_1 = 0$ **başlangıç** anında **dikey yönde** belirli bir referans noktasına göre $h = y$ yüksekliğinde hareketsiz durumdan (yani, $v_0 = 0$) serbest bırakılırsa, bu m_2 kütle $t_2 = t$ anında y kadar yol alır. Düşme mesafesi (y) ve sistemin doğrusal ivmesi (a) arasında;

$$y = y_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (10)$$

bağıntısı vardır.

Düzenekte, m_2 kütleline **başlangıç konumu** $y_0 = 0$ ve başlangıç hızı (**ilk hızı**) $v_0 = 0$ olarak alınır. Sistemin a ivmesi sabit olduğu ve her iki kütle (m_2 ve m_1) durağan pozisyonundan ($v_0 = 0$) harekete başladığı için;

$$y = \frac{1}{2} a t^2 \quad (\text{DeneySEL}) \quad (11)$$

eşitliği kullanılır. Yer değiştirme, yani alınan yol (y) zamanın **karesi** (t^2) ile doğru orantılıdır.

Eşitlik-(11), durağan pozisyonundan ($t = 0$ anında) harekete başlayan her bir kütleline (m_2 ve m_1) belli bir zaman aralığı (t) içinde aldığı mesafenin (y), ivme cinsinden bağıntısını verir. Deneyde, ilk hızlı hareket başlatan m_2 kütleline belirli bir **düşey** yolu (y) alması için geçen zamanı (t) ölçersek, **Eşitlik-(11)** yardımı ile sistemin ivmesi (a) hesaplanabilir. Buna göre ivme (a), ölçülen nicelikler olan yer değiştirme (y) ve zaman aralığı (t) cinsinden çözüldüğünde;

$$a = \frac{2y}{t^2} \quad (\text{DeneySEL}) \quad (12)$$

bulunur.

Atwood sisteminde **deneySEL ivmeyi** (a), başlangıçta hareketsiz durumdaki kütleline (m_2) **sabit** bir mesafeden ($y = x$) düşme süresini (t) ölçerek belirleyebiliriz. Bir ipe birbirlerine bağlı olduklarından, her iki kütle (m_2 veya m_1) için de ivme **aynıdır**.

Sabit ivmeli düzgün doğrusal harekette ilk hız ve ilk konum sıfır ise;

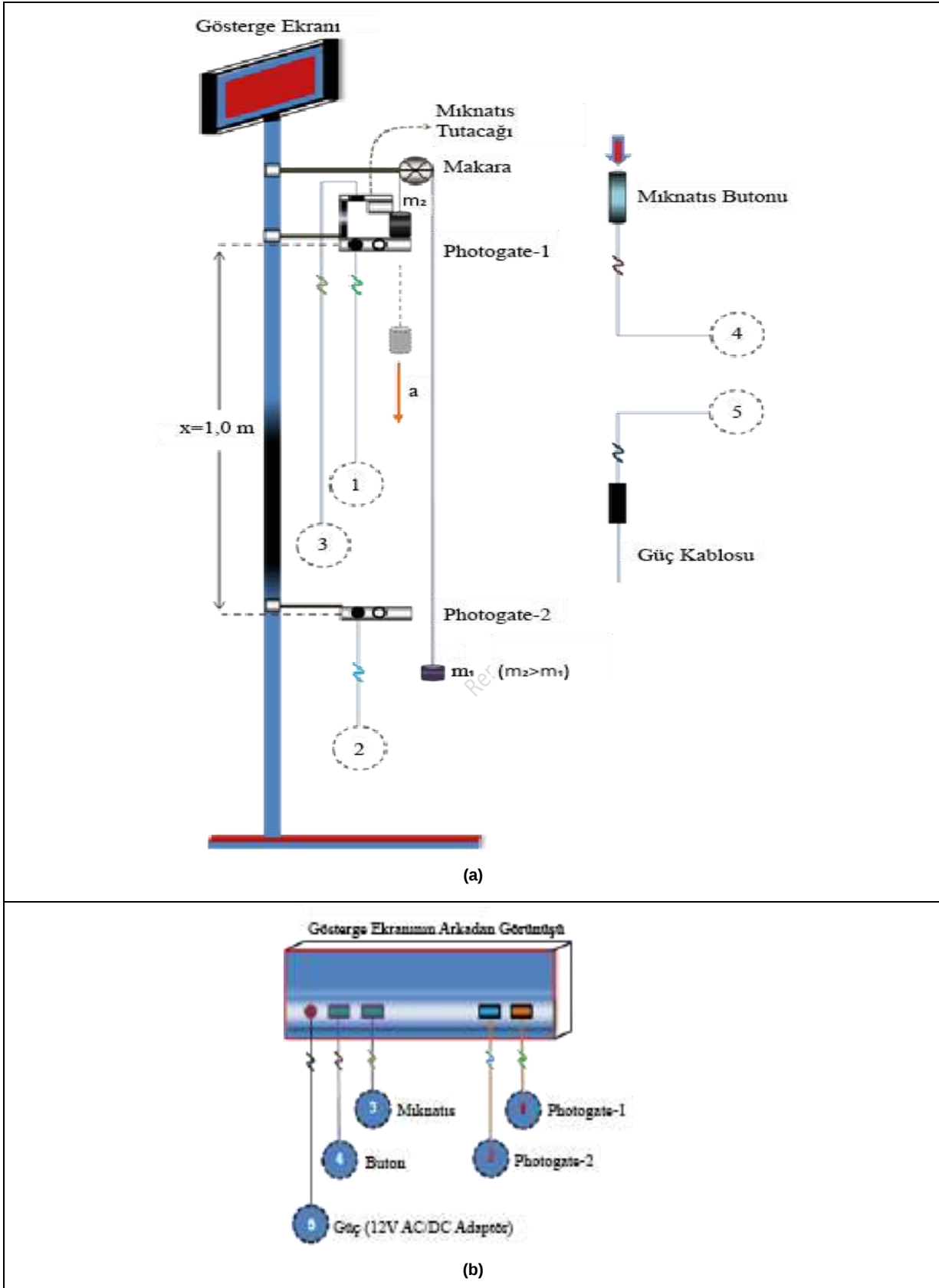
1. Sabit ivmeli (a) bu hareketin y - t grafiği ($y_0 = 0$, $v_0 = 0$), her zaman grafiğin orijin noktasından geçen bir paraboldür.
2. Bununla birlikte, eğer y - t^2 grafiği çizilirse, **eğimi**:

$$Eğim = \frac{1}{2} a \quad (\text{DeneySEL}) \quad (13)$$

olan ve orijinden geçen bir düz doğru bulunur. Bu doğrunun eğimi, kütle sisteminin ivmesinin yarısını verir.

Eşitlik-(13)'de görüldüğü gibi, **farklı** düşey mesafeler (y) için m_2 kütleline düşme süresinin (t) ölçülmesi durumunda, bu verileri kullanarak çizilen bir $y - t^2$ grafiğinin eğiminden, bu kütle sisteminin **ivmesini** (a) deneySEL olarak bulunabilir.

3. Deney Düzeneği



Şekil-3: Atwood düzeneğinin deneysel kurulumu (a) ve bağlantı noktaları (b). İki kütle, makara üzerinden geçen kütlesiz (esnek olmayan ve ağırlığı önemsiz) bir iple birbirlerine bağlıdır.

4. Deneyin Yapılışı

1. Newton'un ikinci hareket yasasını incelemek için, Atwood makinesi düzeneğini bağlantı kablolarıyla birlikte, **Şekil-(3)**'te gösterildiği gibi kurun.
2. Sistem, sürtünmesiz bir makaraya ip yardımıyla asılan m_1 ve m_2 kütlelerinden oluşur ($m_2 > m_1$).
 - 2.1. Düzenekte kullanılacak olan m_1 ve m_2 kütlelerini ölçerek, kaydedin.
 - 2.2. Bu kütleleri Atwood düzeneğinde ipe bağlayın.
 - 2.3. Atwood düzeneğinde makaradan geçirilen **ipin uzunluğunu**, ağır kütle (m_2) yere değmeyecek şekilde ayarlayınız.
3. Photogate-1 ve photogate-2 arasındaki düşme mesafesini (düşey alınan yolu);

$$\boxed{y = x = 100\text{cm}}$$

olarak ayarlayın.

- 3.1. İki photogate arası mesafeyi (ayarlanan düşme mesafesini) veri tablosuna not edin.
- 3.2. Bu mesafe, photogate-1 ve photogate-2 arasında m_2 kütlelerinin aldığı yol olacaktır.
4. İki kütlede ağır olan m_2 kütlelerini photogate-1 üstündeki mıknatısa tutturun.
 - 4.1. Deneyde, m_2 kütlelerinin x mesafesini alması için gereken zaman (t), iki photogate yardımıyla ölçülür.
 - 4.2. Kütle (m_2), her iki photogate boyunca serbestçe düşebilmelidir. Bu yüzden, m_2 kütle düşey doğrultuda aşağı yönde hareket ederken photogate kenarlarına değmemelidir.
 - 4.3. Kütlelerin, düşme hareketi boyunca **dikey** konumda kalması önemlidir.

5. Şimdi, ağır kütle (m_2), mıknatıs tutucusundaki **denge** (durağan) konumundan $v_0 = 0$ ilk hızıyla serbest bırakmak için mıknatıs kontrol butonuna basın.

- 5.1. Atwood makinesinde asılı iki kütle arasındaki **ağırlık farkı**, sisteme etki eden **net kuvveti** belirler ve bu net kuvvet asılı m_2 ve m_1 kütlelerin her ikisini de ivmelenendir.
- 5.2. **Newton'un ikinci yasasına göre** bir cismin ivmesi (a), ona etki eden bileşke kuvvetle (**net kuvvet**, $\sum F$) doğru orantılı, kütlesi ile ters orantılıdır.
- 5.3. Ağır kütle (m_2) aşağı doğru "**sabit ivme**" (a) ile hareket ederken, m_1 kütle **aynı ivme** ile yukarı doğru hareket etmeye başlayacaktır.
- 5.4. Aşağı yönde **düşey** hareket eden m_2 kütle photogate-2 içinden geçtiği anda $x = 100\text{cm}$ düşme mesafesi için geçen zaman (yani düşme süresi), gösterge ekranında otomatik olarak görüntülenecektir.
- 5.5. İlk düşme süresi ölçümünü $t = t_1$ olarak kaydedin.

6. Ölçümleri en az iki kez tekrarlayın ve gösterge ekranından düşme sürelerini okuyun.

- 6.1. Gösterge ekranındaki düşme süresi ölçümlerini $t = t_2$ ve $t = t_3$ olarak kaydedin.
- 6.2. Ağır kütle (m_2) düşme hareketinde herhangi bir photogate kenarına çarptığı ölçüm verilerini kullanmayınız.
- 6.3. Düşme sürelerinin (t_1 , t_2 , ve t_3) ortalamasını alınız ve bu ortalama değeri, deney raporuna $t = t'$ olarak kaydedin.
- 6.4. Bu ortalama değer, sabit $x = 100\text{cm}$ mesafe için **deneysel düşme süresini** (t') verecektir.

7. Düşme süresinin ortalama değerini (t') ve düşme mesafesini ($x = 1m$) kullanarak, sistemin (m_2 kütlelerinin) **deneysel** ivmesini (a') hesaplayın.



$$a = \frac{2y}{t^2}$$

(Deneysel)

Asılan kütlelerden herhangi biri ivmeli harekete başladığında, her iki kütlede ivmesinin büyüklüğü (a) aynı olacaktır. İvmenin yönü, ağır kütle için **aşağı**, hafif kütle için ise **yukarı** doğrudur.

8. Kütle farkını ($m_2 - m_1$) ve toplam kütle ($m_1 + m_2$) kullanarak, sistemin **beklenen** (teorik) ivmesini (a) hesaplayın.



$$a = g \left(\frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2} \right)$$

(Beklenen)

Bu deneyde, sisteme etki eden **Net kuvvet**, kütleler arasındaki farkla yerçekimi ivmesinin çarpımına eşittir; $(m_2 - m_1)g$.

9. Deneysel bulunan ivme değerini, **teorik** olarak bulunan ivme değeri ile karşılaştırılarak, ikisi arasındaki yüzdelik hatayı belirleyin:

$$\% Hata = \left| \frac{teorik - deneysel}{teorik} \right| \times 100$$

$$\% Hata = \left| \frac{a - a'}{a} \right| \times 100$$

Deneysel ivme değeri, beklenen (teorik) ivme değeriyle aynı mıdır? Değilse, hata nedenlerini kısaca açıklayın.

10. Deneyi $x = 50cm$ ($0.5m$) düşme mesafesi için tekrarlayın.

11. Atwood düzeneğinde, eşit büyüklükte iki kütle ($m_2 = m_1$), sürtünmesiz makaradan geçen ipin her iki ucuna asılırsa ne tür bir hareket oluşmasını beklersiniz?.

12. Bir Atwood sisteminde kütleler ($m_2 > m_1$) sabit uzunluklu bir ip ile birbirine bağlıdır. Bu sistemde her bir kütleyle etki eden **kuvvetleri** ve bu kütlelerin hareket bağıntılarını şekil üzerinde açıklayınız.

13. Atwood düzeneğinde kullanılan kütleler $m_1 = 45gr$ ve $m_2 = 55gr$ 'dir. Eğer, ağır olan m_2 kütle denge (durağan konumdan başlayarak) $1.4sn$ 'de $1m$ aşağı iniyorsa, kütle sisteminin **beklenen** ivmesi (a) nedir?.

5. Deney Raporu

Adı ve Soyadı:	
Bölüm:	
Öğrenci No:	
Tarih:	

$x(m)$:

Kütle, $m_1(kg)$:

Kütle, $m_2(kg)$:

Tablo-1: Atwood düzeneği için deneysel veriler.

$x(m)$	$m_2 - m_1(kg)$	$t_1(s)$	$t_2(s)$	$t_3(s)$	$t'(s)$	$a'(m/s^2)$
		(Ölçülen)			(Ortalama)	(Deneysel)
.....						

Düşme yüksekliği (x), $1.0m \pm 0.001 m$ olarak ayarlandı.

Tablo-2: Beklenen (teorik) ivme ile deneysel ivme değerinin karşılaştırılması.

$x(m)$	$m_1(kg)$	$m_2(kg)$	$t'(s)$	$a'(m/s^2)$	$a(m/s^2)$	$\Delta a(m/s^2)$	%Hata
.....							

Test parametrelerinin tanımı:

$x(m)$: Photogate-1 ve photogate-2 arasındaki düşme mesafesi (kütle sistemi için düşey alınan yol),

$m_1(kg)$: Hafif olan cismin kütlesi,

$m_2(kg)$: Ağır cismin kütlesi,

$t(sn)$: İki photogate arası mesafe (düşme mesafesi) için ölçülen zaman,

$t'(sn)$: Düşme mesafesi için ölçülen düşme sürelerinin **ortalaması**,

$a'(m/s^2)$: Kütle sisteminin (her bir kütle için) **deneysel** ivmesi,

$a(m/s^2)$: Kütle sisteminin **beklenen** (teorik) ivmesi,

$\Delta a(m/s^2)$: Deneysel ve beklenen ivme arasındaki fark,

%Hata: Deneysel ve teorik ivme değeri arasındaki hesaplanan yüzdelik hata.