

MEKANİK
LABORATUVARI II
DENEY KILAVUZU

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
GAZİ EĞİTİM FAKÜLTESİ
FİZİK EĞİTİMİ ANABİLİM DALI

ANKARA 2006

Düzeltilmeler için: HŞK



MEKANİK LABORATUVARI II

DENEY RAPORU

DENEY NO :

DENEYİN ADI :

DENEY TARİHİ/SAATİ :

ÖĞRENCİNİN;

ADI-SOYADI :

FAKÜLTE NUMARASI :

BÖLÜMÜ/ANABİLİM DALI :

GRUP NO :

DENEY ARKADAŞI :

İÇİNDEKİLER

	SAYFA
DENEY 1 : SERBEST DÜŞME HAREKETİNİN İNCELENMESİ	4
DENEY 2 : ATWOOD ALETİ	9
DENEY 3 : GİRASYON YARIÇAPININ BULUNMASI.....	15
DENEY 4 : YOUNG MODÜLÜ	18
DENEY 5 : EĞİK DÜZLEM	22
DENEY 6 : SÜRTÜNME KATSAYISI	28
DENEY 7 : VİSKOZİMETRE	34
DENEY 8 : MERKEZCİL KUVVET	37
DENEY 9 : EYLEMSİZLİK TERAZİSİ	43
DENEY 10 : FİZİKSEL (BİLEŞİK) SARKACIN İNCELENMESİ	45

DENEY 1

SERBEST DÜŞME HAREKETİNİN İNCELENMESİ

1.1. DENEYİN AMACI

İsli cam deney düzeneği ile serbest düşme hareketini incelemek ve bu hareketi sağlayan yerçekimi kuvvetinin oluşturduğu "g" yerçekimi ivmesini bulmak.

1.2. ARAÇ VE GEREÇLER

Serbest düşme aleti takımı, ispirto ocağı veya mum, temizleme bezi, cetvel, takoz (iki adet)

1.3. TEORİK BİLGİ

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

a) Kuvvet ilk hızı sıfır olan bir cismin hareket yönünde etki ederse cisim düzgün hızlanan, cismin hareket yönüne zıt yönde etki ederse düzgün yavaşlayan hareket yapar. İlk konumu sıfır olan cismin, bu durumda zamana bağlı olarak yer değiştirme ifadesi,

$$x(t) = v_0 t \pm \frac{1}{2} a t^2 \quad (1.1)$$

dir. Burada;

v_0 : Kuvvetin cisme etki etmeye başladığı andaki hızı

t : Kuvvetin etki süresi

a : Kuvvetin etkisiyle cismin kazandığı ivme

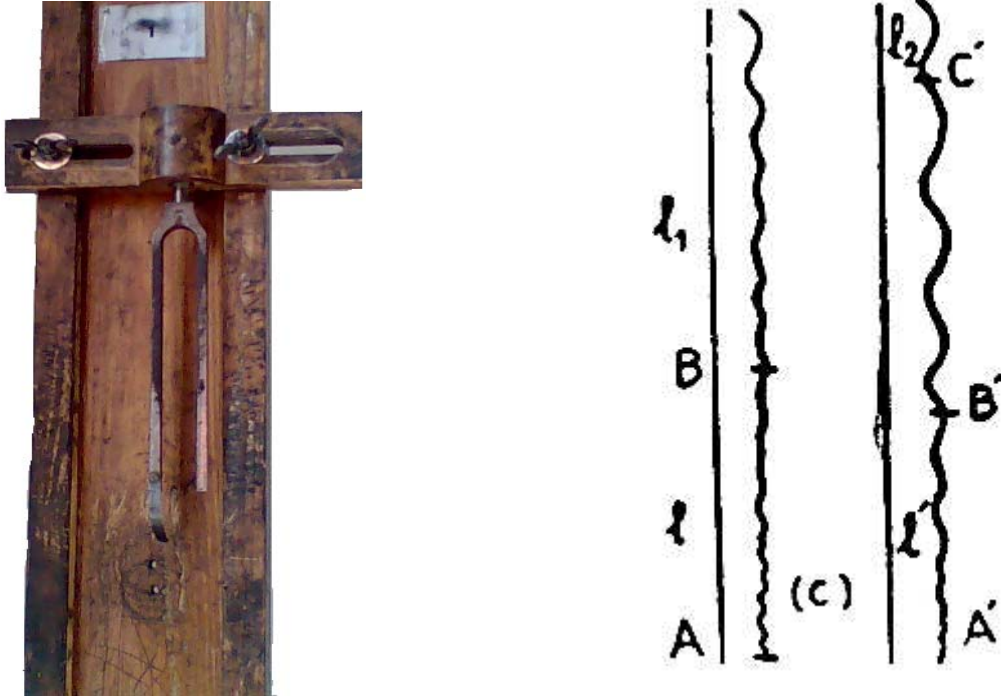
$x(t)$: t zaman değişkenine göre cismin yer değiştirmesi

Herhangi bir yükseklikten ilk hızsız 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. Bu takdirde yol ifadesi,

$$h = v_0 t + \frac{1}{2} g t^2 \quad (1.2)$$

olur. İfadedeki diğer değerlerin ölçülmesiyle "g" hesaplanabilir.

1.4. İSLİ CAM DÜZENEGİ



Şekil 1.1. İslî cam düzeneği

Serbest düşme aleti ağır bir T tabanı üzerine oturtulmuştur. Tabana sabitlenmiş düşey bir sehpa vardır. İslî cam bu sehpadaki kanalda hareket eder. Sehpanın alt tarafından cam düştüğü zaman camın fırlamasına engel olan ve gerektiğinde camı çıkarmaya yarayan iki mandal vardır. Sehpanın üst kısmında, diyapozonun ($f = 128$ Hz.) tutturulduğu bir köprü vardır. Vidası gevşetilerek diyapozon sağa sola hareket ettirilebilir.

1.5. DENEYİN YAPILIŞI

Sehpanın alt tarafındaki mandallar açılarak cam levha çıkarılıp bezle temizlenir. Üzerine isli yanan bir ispirto ocağı veya mum alevinin üzerinde cam levha gezdirilerek islenir. Eğer alev aynı noktaya birkaç saniyeden fazla tutulursa cam çatlayabilir. İslenen cam, mandallar açılarak sehpadaki kanallar içine yerleştirilir. Mandallar kapatılır. Cam levha yukarıya kaldırılırken üzeri çizilmemesi için diyapozondaki çelik yay hafifçe öne doğru çekilir. İslî cam yay üzerine çıkarılarak burada kalması sağlanır. Cam levha elle tutuluyorsa bırakılarak diyapozona bağlı yayın sivri ucunun isli cam levha üzerine düşey bir çizgi çizmesi sağlanır. Sonra cam tekrar yukarıya ve yayın üzerine kaldırılarak tutturulur. Şimdi diyapozona lastik tokmakla vurulur. Peşinden hemen cam levha serbest düşmeye bırakılır. Böylece isli cam levha üzerine bir dalga şeklinde eğri çizilir. Vida gevşetilerek diyapozonun yeri sağa sola değiştirilerek birden fazla

eğri aynı şekilde çizilir. Eğrinin düşey doğruyu kestiği uygun bir noktası (C) işaretlenir. Bu noktadan itibaren beş tam titreşimin (tam dalga) bittiği nokta (B) ve (C)'den itibaren on tam titreşimin bittiği nokta ise (A) olarak işaretlenir.

$$|CB| = h_1, \quad \text{Diyapozonun frekansı } 128 \text{ s}^{-1} \text{ ve } t_1 = \frac{1}{128} \cdot 5 = 0.03906 \text{ s}$$

$$|CA| = h_2$$

1.6. YERÇEKİMİ İVMESİNİN (g) HESAPLANMASI

Cam levhayı ters çevirerek $|CB|$ ve $|CA|$ uzunlukları ölçülür. Bunlar sırasıyla h_1 ve h_2 olsun. Cam h_1 yolunu t_1 zamanında almışsa, h_2 yolunu $2 \cdot t_1$ zamanda alır.

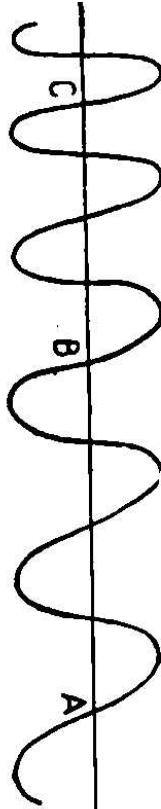
$$h_1 = v_0 t_1 + \frac{1}{2} g t_1^2 \quad (1.4)$$

$$h_2 = v_0 (2t_1) + \frac{1}{2} g (2t_1)^2 \quad (1.5)$$

Bu iki denklemde v_0 yok edilirse,

$$g = \frac{h_2 - 2h_1}{t_1^2} \quad (1.6)$$

İfadesi bulunur.



Şekil 1.2. İslı cam üzerinde oluşın resim**Çizelge 1.1.** Alınan ölçüler ve sonuçlar

Deneme	h_1 (m)	h_2 (m)	t (s)	g (m/s ²)
1				
2				
3				
Ort.				

1.7. SORULAR

- 1) İlk hızı sırsız serbest düşmeye bırakılan cisim h_1 yolunu t sürede alıyor. (h_1/h_2) oranı 1/3 ise cisim toplam yolu (h_1+h_2) kaç t de alır?
- 2) Yerden 80 m. yükseklikten iki cisim 2 s aralıkla ilk hızı sırsız bırakılıyor. Birinci cisim yere değdiği anda ikinci cisim yerden kaç metre yüksekliktedir?
- 3) İlk hızı sırsız serbest bırakılan bir cisim yere 60 m/s hızla çarpıyor. Cisim bırakıldıktan 3 s sonra yerden kaç metre yüksekliktedir?

DENEY 2

ATWOOD ALETİ

2.1. DENEYİN AMACI

Bu deneyde $\vec{F} = m \cdot \vec{a} \rightarrow \vec{a} = \vec{F}/m$ bağıntısından; ivmenin (a) hareket ettirici kuvvetle (F) doğru, hareket eden kütle (m) ile ters orantılı olduğunu Atwood aleti ile kanıtlamaktır.

2.2. ARAÇ VE GEREÇLER

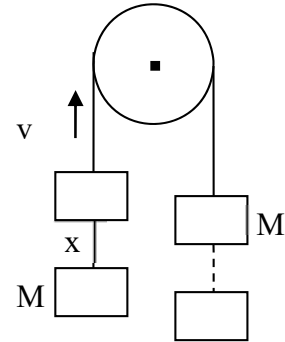
Atwood aleti, iki adet saplı kütle (70'er g), 98'er gramlık dört kütle, ek kütleler (2 tane 1'er gram, 2 tane 2'şer gramlık), iplik (2 metre), süreölçer.

2.3. TEORİK BİLGİ

Cisme sabit bir net kuvvet etkirse, cisim sabit ivmeli bir hareket yapar. Hareketin ivmesi, etki eden net kuvvet büyüdükçe artar, cismin kütlesi büyüdükçe azalır. Kütle, net kuvvet ve ivme arasında " $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ " bağıntısı vardır. Burada "F", hareketi meydana getiren net kuvvet; "m", hareket eden cisimlerin toplam kütlesi; "a", hareketin ivmesidir. Buradan $\vec{a} = \vec{F}/m$ olur, buna göre ivme,

Hareket ettirici kuvvetle (F) doğru,

Hareket eden kütle (m) ile ters orantılıdır.



Şekil 2.1

Bir cisme net kuvvet etki etmedikçe, hızının doğrultu, büyüklük ve yönü değişmez. Sabit hızlı düzgün harekette yol ve hız ifadesi şöyledir:

$$\begin{aligned} x_1 &= v \cdot t_1 & v &= x_1/t_1 \\ x_2 &= v \cdot t_2 & v &= x_2/t_2 \end{aligned} \quad (2.1)$$

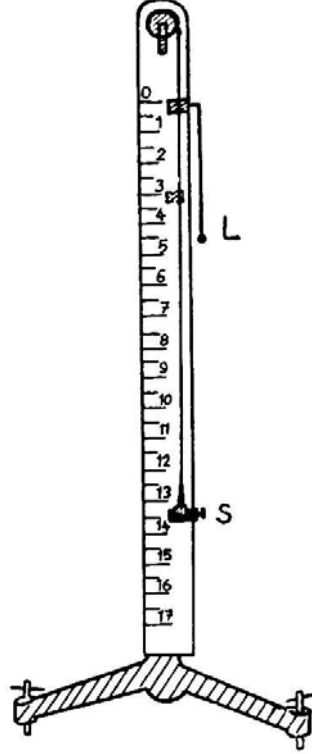
Eğer hızı sabit kabul edersek $(x_1/x_2) = (t_1/t_2)$ olur. Kısaca bu orantı, hızın sabit ve hareketin düzgün olduğunu ifade eder.

Düzgün değişken hızlı bir harekette ilk hız ve ilk konum sıfır ise yer değiştirme ifadesi $x = \frac{1}{2} at^2$ idi. Bu ifadede, yer değiştirme zamanın karesi ile orantılıdır. t_1 ve t_2 zamanlarına ait x_1 ve x_2 yolları ölçülerek,

$$x_1 = \frac{1}{2} a t_1^2 \quad \text{ve} \quad x_2 = \frac{1}{2} a t_2^2 \quad (2.2)$$

$x_1/x_2 = (t_1)^2/(t_2)^2$ bağıntısının doğruluğu sınanabilir.

Şekil 2.2. Atwood Aleti



2.4. DENEYİN YAPILIŞI

2.4.1. Yol ile Zaman Arasındaki Bağntı

Aletin üst tarafındaki makaradan geçirilen ipliğin uçlarına 70'er gramlık saplı kütleler bağlanır. Kütlenin biri tabla üzerine konur. Ek kütlelerden 4 g. olan kütle tabla üzerindeki saplı kütleyle takılır. Deliksiz tabla sehpanın 0,20. m.'sine sabitlenir. Tablanın dayandığı desteğe bağlı olan iplik çekilip kütle hareket ettirilirken süreölçere basılır. Harekete geçen kütle aşağıdaki tablaya çarpınca süreölçer durdurulur. Geçen zaman belirlenir. Aynı şekilde 0,30., 0,40., 0,50., 0,60. ve 0,70. m için geçen zamanlar ölçülür. Her bir ölçüm için x/t^2 değerleri hesaplanarak Çizelge 2.1 'e yazılır.

Çizelge 2.1. Yol ile zaman arasındaki bağıntı

$F_{\text{net}} = (\text{sabit}) \dots\dots\dots$		$M_{\text{toplam}} = (\text{sabit}) \dots\dots\dots$	
Deneme	x (m)	t (s)	x/t^2 (m/s ²)
1			
2			
3			
4			
5			
Ort.			

Alınan yollar (x), zamanın karesi (t^2) ile doğru orantılıdır. Yani $\frac{x_1}{t_1^2} = \frac{x_2}{t_2^2} = \frac{x_3}{t_3^2} = \dots$ 'dir. Bunu

doğrulamak için **SI:** Çizelge 2.1 deki sonuçları karşılaştırınız.

2.4.2. Hareket Ettirici Kuvvet İle İvme Arasındaki Bağıntı

Kuvvet ile ivme arasındaki bağıntıyı bulmak için, sistemin toplam kütlesinin sabit tutulması gereklidir. Öncelikle Atwood aletindeki ipin her iki ucundaki saplı kütlelerin üzerine 2 ve 4'er g.'lık ek kütleler takılır. Bu haliyle dengede olan sistemin harekete katılan toplam kütlesi $2x(70+4+2)$ g olacaktır.

Hareket ettirici kuvvet, sistemin sağ ve sol tarafındaki ek kütleler (2 ve 4g'lık kütleler) uygun şekilde yer değiştirilerek sağlanacaktır. Hareket ettirici kuvveti değiştirmek amacıyla dışarıdan bir ek kütle ilave edilmeyecektir. Bu şekilde sistemi hareket ettiren kuvvet istenildiği gibi değiştirilebilecek ancak her seferinde sistemin toplam kütlesi sabit kalacaktır. Örneğin sistem dengede iken sol taraftaki 2 g.'lık ek kütle çıkarılarak sağ tarafa eklenirse hareket ettirici kuvvet $(0,004x9,8)$ N. yapılabilir. Benzer şekilde sol taraftaki 4 g.'lık ek kütle çıkarılarak sağ tarafa ilave edilirse kuvvet $(0,008x9,8)$ N. olur. Ancak her iki durumda da sistemin toplam kütlesi sabit kalır $(2x(70+4+2)g.)$.

Hareket ettirici kuvveti önce $(0,004x9,8)$ N. yapınız. Daha sonra, yalnız $x = 0,30$ m için deneyin ilk kısmında yaptığınız işlemi tekrarlayarak geçen süreyi bulunuz ve ivmeyi (2.2) bağıntısından yararlanarak hesaplayınız. Daha sonra kuvveti $(0,006x9,80)$ N., $(0,008x9,80)$ N., $(0,012x9,80)$ N. yaparak aynı işlemleri tekrarlayınız. Bulduğunuz sonuçları Çizelge 2.2'ye kaydediniz.

Çizelge 2.2. Kuvvet ile ivme arasındaki bağıntı

$M_{\text{toplam}} = (\text{sabit}) \dots\dots\dots$			
F (N)	x (m)	t (s)	a (m/s²)

Elde edilen sonuçlar bize kuvvetin iki-üç kat artmasına karşılık ivmenin de iki üç katına çıktığını göstermektedir. Yani $(F_1/a_1) = (F_2/a_2) = (F_3/a_3) = \dots = \text{sbt.}$ işte bu sabit değere kütle (m) denir. $m = F/a$ 'dır.

2.4.3. Kütle İle İvme Arasındaki Bağıntı

Cisme etki eden hareket ettirici kuvvet aynı kaldığı halde kütle iki-üç kat artarsa ivme iki-üç kat azalır. Bu kısımda incelenecek olan budur.

- 1) Atwood aletinde 70'er gramlık saplı eşit kütlelere ilave olarak kefeleden birine $(4+2)$ g.'lık ek kütle konur. Bu sırada toplam kuvvet ve hareket eden toplam kütle,

$M_{\text{toplam}} = 2M + m + \underline{50}$ $= 2.70 + 6 + \underline{50}$ $= 1x196 \text{ g.} = 1x0,196 \text{ kg.}$	$F_{\text{net}} = (0,006x9,8) \text{ N.}$
--	---

(İfadedeki 50 g, harekete katılan makaranın eylemsizlik kütesidir)

- 2) Her iki tarafa 98 g'lık kütlelerden birer tane eklenirse,

$M_{\text{toplam}} = 2M + m + 2x98 + \underline{50}$ $= 2.70 + 6 + 196 + \underline{50}$ $= 2x196 \text{ g.} = 2x0,196 \text{ kg.}$	$F_{\text{net}} = (0,006x9,8) \text{ N.}$
---	---

- 3) Aynı şekilde yukarıdaki kütlelere ilave olarak her iki tarafa 98 er g'lık iki kütle daha eklenirse sistemin toplam kütleleri $(3x196)$ g. olur.

$M_{\text{toplam}} = 2M + m + 3x98 + \underline{50}$	
--	--

$= 2.70 + 6 + 392 + \underline{50}$ $= 3 \times 196 \text{ g.} = 3 \times 0,196 \text{ kg.}$	$F_{\text{net}} = (0,006 \times 9,8) \text{ N.}$
--	--

Özet olarak her iki tarafa 98'er g.'lık kütle eklemek sistemin toplam kütleini bir kat arttırmaktadır. Ancak her seferinde sistemi hareket ettiren kuvvet sabit kalmaktadır.

Önce (1) de bahsedilen sistemi hazırlayınız [$M_{\text{toplam}} = (1 \times 0,196) \text{ kg.}$ ve $F_{\text{net}} = (0,006 \times 9,8) \text{ N.}$]. Bundan önceki kısımda yaptığınız işlemleri tekrarlayarak ivmeyi bulunuz. Daha sonra toplam kütlei (2) ve (3) de açıklanan şekliyle önce $(2 \times 0,196) \text{ kg.}$ sonra $(3 \times 0,196) \text{ kg.}$ yaparak bunlara ait olan ivmeleri tayin edip Çizelge 2.3 'e yazınız. Bulduğunuz sonuçlardan yararlanarak $M_1.a_1 = M_2.a_2 = M_3.a_3 = \text{sabit}$ olduğunu gösteriniz. Bu sabit değer sisteme hareket veren kuvvetin büyüklüğüdür.

Çizelge 2.3. Kütle ile ivme arasındaki bağıntı

$F_{\text{net}} = (0,006 \times 9,8) \text{ N (sabit)}$			
$M_T \text{ (kg)}$	$x \text{ (m)}$	$t \text{ (s)}$	$a \text{ (m/s}^2\text{)}$
$1 \times 0,196$			
$2 \times 0,196$			
$3 \times 0,196$			

2.4.4. Düzgün Hızlı Hareket

Bir cisim üzerine dengelenmemiş bir kuvvet etki etmedikçe o cisim duruyorsa hareket etmez, harekette ise sabit bir hızla ve bir doğru boyunca yoluna devam eder. Bunu doğrulamak için cisme dengelenmemiş bir kuvvet bir süre etki ettirilir. Bu kuvvetin etkisinde cisim bir hız kazanır, sonra etki eden kuvvet kaldırılır. Bundan sonra cisim kazandığı hızla yoluna devam eder. Düzgün harekette hız zamanla doğru orantılıdır. İşte bu orantılılık gösterilerek hızın sabit ve bu nedenle hareketin düzgün hızlı olduğu neticesi çıkarılır.

İpliğin ucunda bağlı bulunan saplı kütlelerden sağ taraftakinin üzerine 4 g'lık ek kütle konur. Ortası delik olan tabla 0,40 m kadar (üstteki küçük tabladan itibaren) uzaklığa, deliksiz tablada delikli tablanın 0,20 m aşağısına tespit edilir. İpliği çekilerek cisim harekete geçirilir. Fakat süreölçere basılmaz. Kütle delikli tabladan geçerken ek kütle tablaya takıldığı anda süreölçere

basılır. Cismin 0,20 m aşağıya inmesi için geçen zaman (t_1) ölçülür ve aynı işlemler 0,30 ve 0,40 m için tekrarlanır. $\frac{0,20}{t_1} = \frac{0,30}{t_2} = \frac{0,40}{t_3} =$ sabit olduğu gösterilir. Bu sabit değer cismin

hızdır (v).

$v = \dots\dots\dots$ m/s

2.5. SORULAR

- 1) İki tarafında da 0,1'er kg bulunan Atwood aletinde 0,1 kg'lık kütlelerden biri üzerine ne kadar ek kütle (m) konulmalıdır ki, sistemin 4 s sonraki hızı 1 m/s olsun.
- 2) Atwood aletinin fiziksel önemini tartışınız.

DENEY 3

GİRASYON YARIÇAPININ BULUNMASI

3.1. DENEYİN AMACI

Maxwell çarkının girasyon yarıçapının tayin edilmesi.

3.2. ARAÇ VE GEREÇLER

Maxwell çarkı, iplik (2 m kadar), mm bölmeli çubuk metre, mikrometre, süreölçer

3.3. TEORİK BİLGİ

Sabit bir eksen etrafında dönen m kütleli noktasal bir cismin eylemsizlik momenti $I = mr^2$ dir. (m) noktasal cismin kütlesi, (r) dönme eksenine olan uzaklıktır. Katı bir cismin eylemsizlik momenti o cismin her maddesel noktasının eylemsizlik momentlerinin toplamıdır. Bu noktaların dönme eksenine olan uzaklıkları farklıdır. Bu nedenle her noktanın eylemsizlik momentleri farklı olur. Farklı uzaklıklarda bulunan bu noktalar için öyle bir ortalama x uzaklığı düşüneceğiz ki, cismin bütün kütlelerini dönme ekseninden eşit (x) uzaklığında kabul edersek, mx^2 cismin eylemsizlik momentini versin. Bu (x) uzaklığına cismin "girasyon yarıçapı" denir.

Herhangi bir cismin girasyon yarıçapı "x" ise eylemsizlik momenti, $I = mx^2$ 'dir. Dönerek düşmekte olan bir tekerlekteki enerji dönüşümlerinden yararlanarak girasyon yarıçapı hesaplanabilir. Bu iş için deneyde Maxwell çarkı kullanılmaktadır.

Şekil 3.1'de görülen tekerleğin eksenine asılı olduğu ipi sararak tekerleği yükseltelim ve h yüksekliğinden bırakalım. Bundan önce tekerleğin yatay konumda olmasına özen gösteriniz. Tekerlek düşerken OO' eksenine bağlı olan ipler tekerleğe bir dönme momenti verir. Böylece tekerlek hem öteleme (düşme), hem de gittikçe hızlanan dönme hareketi yapar. Hareketi sırasında hem çizgisel hem de açısal hızı artan tekerlek yer çekiminin etkisi altında ivme kazanır. Tekerlek bir h yüksekliğinden düşünce v çizgisel, ω açısal hızlarını ve a çizgisel ivmesini kazanmış olsun. Bunlar arasında;

$$\omega = \frac{v}{R}, (v^2) = 2ah \text{ bağıntısı vardır. Bu sisteme ait enerji dönüşümlerini } mgh = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}I\omega^2 \quad (3.1)$$

şeklinde yazarak (ω) ve (v) nin değerleri yerine konularak gerekli işlemler yapılırsa ve I yerine $I=mx^2$ değeri yazılırsa;

$$\frac{g}{2a} mv^2 = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} mx^2 \left(\frac{v}{R} \right)^2 \quad (3.2)$$

$$g = a + \left(\frac{a}{R^2} \right) x^2 \text{ olur.} \quad (3.3)$$

Buradan x çözümlürse;

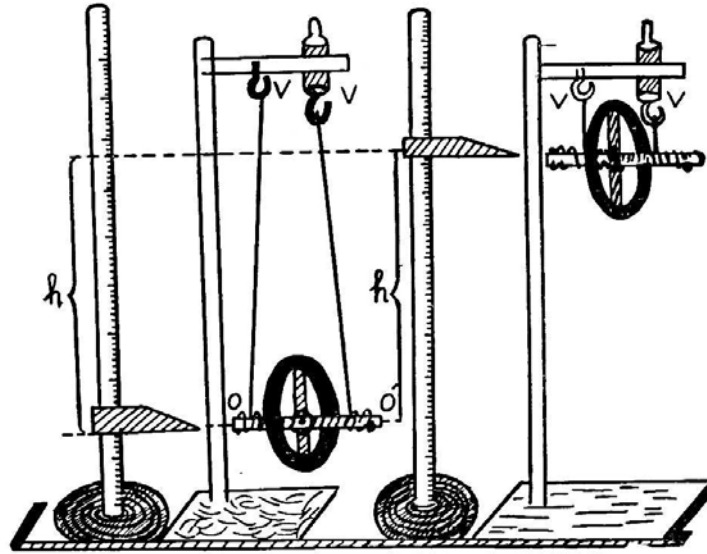
$$x = R \left(\frac{g-a}{a} \right)^{1/2} \quad (3.4)$$

sonucu bulunur. (R: Maxwell çarkının *eksen yarıçapıdır.*)

3.4. DENEYİN YAPILIŞI VE HESAPLAMALAR

Şekil 3.1 de görülen düzenek hazırlanır 3 ayrı h değeri için süreölçerden t değerleri okunur. (t) zamanında tekerleğin düştüğü yükseklik h, çizgisel ivme a ise;

$$h = \frac{1}{2} at^2 \quad \Rightarrow \quad a = \frac{2h}{t^2} \text{ olur.} \quad (3.5)$$



Şekil 3.1. Deney düzeneği

h ve t yerine konularak a hesaplanır. Mikrometre ile Maxwell çarkının eksen çapı (2R) ölçülür. Bu ölçüden emin olmak için 5 ayrı yerden ölçüm yapılır.

Çizelge 3.1. Girasyon yarıçapı

h (m)	t (s)	a (m/s²)	x (girasyon yarıçapı) (m)

Maxwell çarkının eksen çapı =..... X_{ort} =

Girasyon yarıçapı (3.4) bağıntısı kullanılarak hesaplanır. Bu formülle üç tane x değeri bulunur. Bu üç değer in ortalaması size en doğru girasyon yarıçapı değerini verir.

3.5. SORULAR

- 1) Eylemsizlik momenti ve dönme momenti ifadelerini açıklayınız.
- 2) (3.4) Bağıntısını çıkarınız.

DENEY 4

YOUNG MODÜLÜ

4.1. DENEYİN AMACI

Çelik telin esneklik katsayısının (young modülü) bulunması

4.2. ARAÇ VE GEREÇLER

Çelik tel (3,98 m), çeşitli kütleler, su düzeci, mikrometre

4.3. TEORİK BİLGİ

Bir cisme net bir kuvvet uygulandığında, bu kuvvet cisimde bir şekil değişikliği meydana getirebilir. Etki eden kuvvet ortadan kalktığında cisim tekrar eski haline dönebilir. Ancak bu durumda bir sınır vardır. Cisim belli bir büyüklüğe kadar kuvvet uygulanıp kaldırıldığında tekrar eski haline dönebilir. Kuvvetin bu büyüklüğü cismin esnekliği için sınırdır. Esneklik sınırı aşılmadığı durumlarda cisme uygulanan dış kuvvet, şekil değişikliğinden dolayı doğan iç kuvveti dengeler.

Kuvvet etkisinde cismin uğrayacağı şekil değişikliği birim yüzeye düşen kuvvete bağlıdır. Kuvvet (F), kuvvetin etki ettiği yüzey "A" ise birim yüzeye düşen kuvvet "F/A"dır. Bu orana *Zor* denir. Kuvvetin etkisi ile cismin boyu " Δl " kadar uzamışsa birim boya düşen uzama " $\Delta l/l$ "dir. Bu orana da *Zorlanma* denir. Bunlar *Hooke* kanununa göre orantılıdır. Orantı katsayısına "k" dersek, $k = \text{Zor}/\text{Zorlanma}$ olur. k orantı katsayısına esneklik modülü (E) veya young modülü (y) denir.

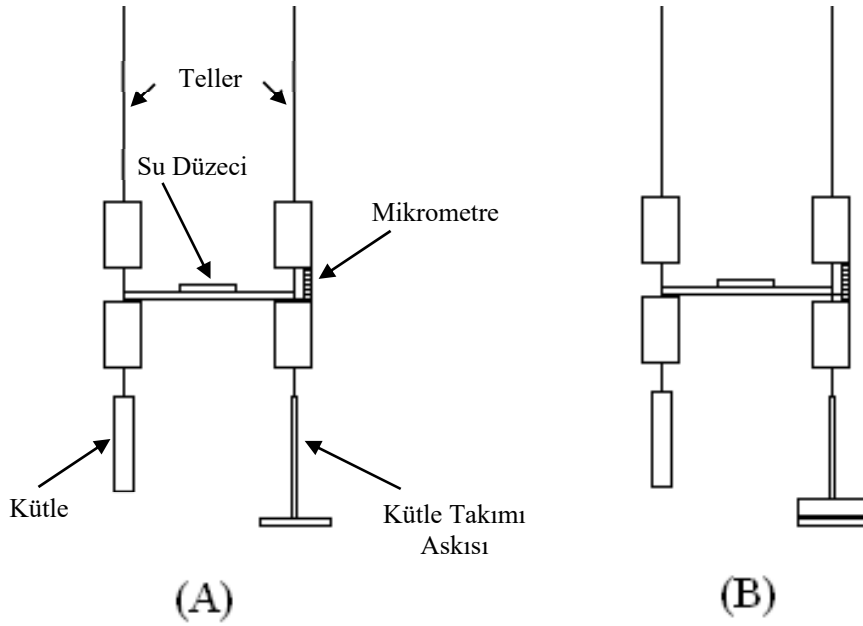
$$y = \frac{\text{Zor}}{\text{Zorlanma}} = \frac{\frac{F}{A}}{\frac{\Delta l}{l}} = \frac{F \cdot l}{A \cdot \Delta l}$$

(4.1)

4.4. ÇELİK TELİN YOUNG MODÜLÜNÜN BULUNMASI

Şekil 4.1'de görüldüğü gibi, tavana tutturulan iki çelik telin bir telin ucunda kütlelerin asılacağı çengel bulunan metal çubuk, diğer telde ise çubuk ile eşit kütleli telin büküntülerini açmaya ve gergin tutmaya yarayan başka bir kütle asılmıştır. İşlemlerde hesaba katılmaz. Tellerden birine uzamayı ölçebilmek için mikrometre bağlanmıştır. İki tel arasındaki tablada su düzeci vardır. Su düzecini taşıyan tablanın bir ucu kütlelerin asıldığı çubuğa bağlıdır. Başlangıçta su düzeci

dengeye getirilir (Şekil 4.1.A). Sonra mikrometrenin bağlı olduğu tele, 0,5 kg'lık kütle ilaveleriyle (2 kg'a kadar) çıkarılarak her bir durumda telin boyca uzama miktarı (Δl) ölçülür. Bunun için her 0,5 kg'lık kütle astıktan sonra mikrometrenin vidasından tutup çevirerek su düzeginin mikrometreye dayalı kısmı aşağı yukarı hareket ettirilip dengesi bozulan düzeç yeniden ayarlanır (Şekil 4.1.B).



Şekil 4.1. Deney Düzenegi

Teldeki bükülmeleri önlemek ve teli gergin halde tutmak için asılan kütle asıldığı andaki mikrometreden okunan değer (n_0) ve bundan sonra asılan ilave her bir 0,5 kg. kütleler asılması durumundaki mikrometreden okunan değerlerde sırasıyla (n_1, n_2, n_3, n_4) olsun. Bu değerler Tablo 4.1'e yazılır. Sonra asılan kütleler 0,5 kg eksiltilerek mikrometreden yeni değerler okunarak bunlarda Tablo 4.2'ye yazılır. Her bir kuvvete karşılık telin uzadığı miktarların (Δl)_{ort.} ortalaması bulunur. Aynı şekilde kuvvetin azaltılması durumundaki telin kısaltmalarını gösteren ($\Delta l'$)_{ort.} değerlerinin ortalaması bulunur. Bulunan bu iki ortalama değer de ortalaması alınır. Böylece birim kuvvete (0,5x9,8 N.) karşılık telin boyundaki ortalama değişme miktarı bulunmuş olur.

Başka bir el mikrometresi ile telin çapı (8–10) farklı yerlerinden ölçülür. Bu ölçmelerin ortalaması alınarak ortalama yarıçap değeri bulunur. Telin kesiti $A = \pi r^2$ den hesaplanır. Bulunan değerler (4.1) bağıntısında yerine yazılarak Young modülü (y) hesaplanır.

Çizelge 4.1.

Telin uzadığı durum		
F (N)	Mikrometreden okunan değer (m)	Δl (m)
-----	$n_0 =$	-----
0,5 x 9,8	$n_1 =$	$n_1 - n_0 =$
1,0 x 9,8	$n_2 =$	$n_2 - n_0 =$
1,5 x 9,8	$n_3 =$	$n_3 - n_0 =$
2,0 x 9,8	$n_4 =$	$n_4 - n_0 =$

Çizelge 4.2.

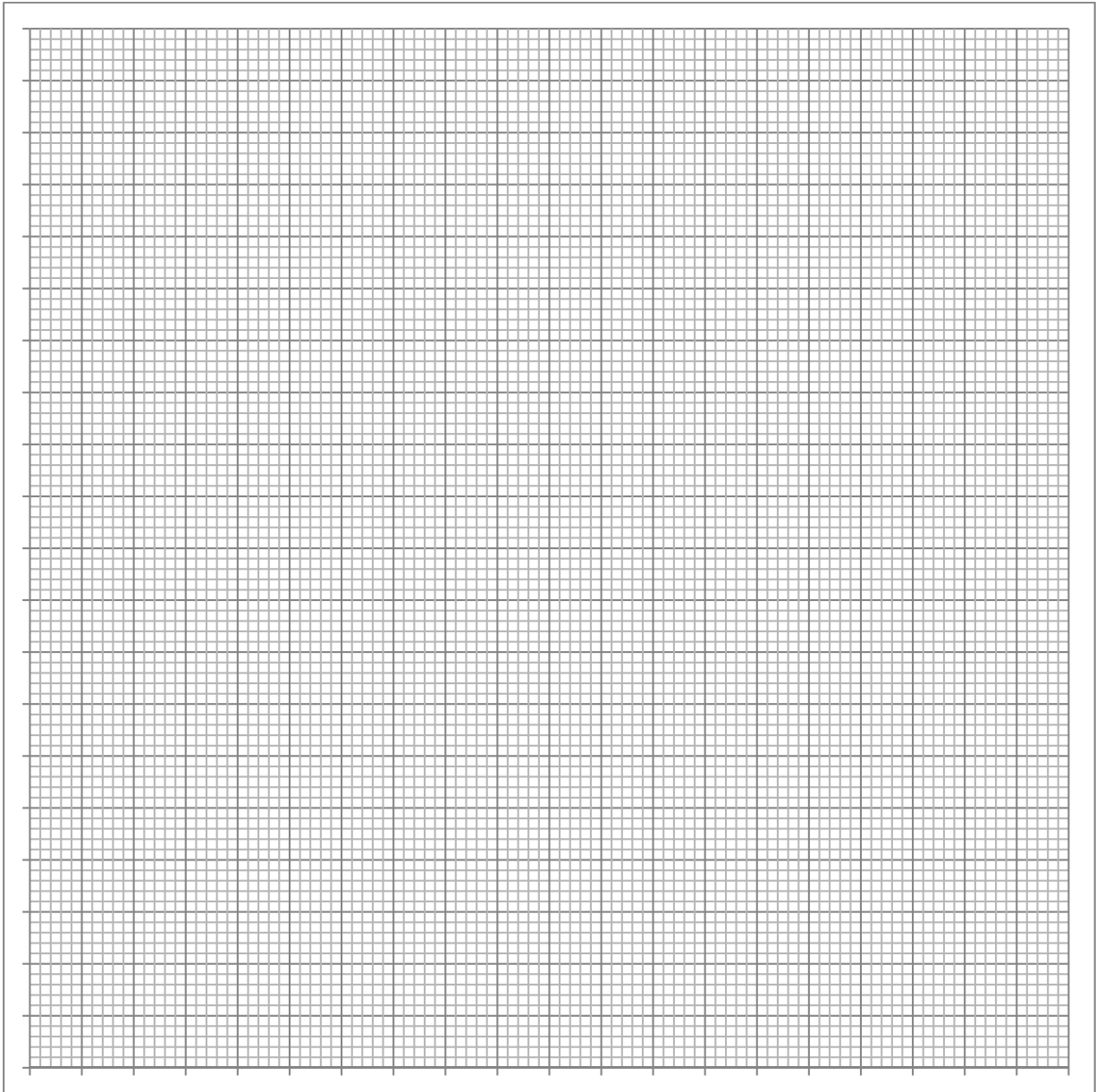
Telin kısaldığı durum		
F (N)	Mikrometreden okunan değer (m)	$\Delta l'$ (m)
2,0 x 9,8	$n'_4 =$	$n'_0 - n'_4 =$
1,5 x 9,8	$n'_3 =$	$n'_0 - n'_3 =$
1,0 x 9,8	$n'_2 =$	$n'_0 - n'_2 =$
0,5 x 9,8	$n'_1 =$	$n'_0 - n'_1 =$
-----	$n'_0 =$	-----

Şimdi de bir grafik kağıdı üzerine; uygulanan kuvvetleri apsis, uzama miktarlarını (n_i)'de ordinat eksenine yazarak bir grafik çiziniz. Bu grafik bir doğru olmalıdır. *SI: Doğrunun eğimi neyi verir?* Bu eğimden yararlanarak Hooke kanunu'na göre;

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\Delta l}{F} = \frac{l}{Y.A} \quad (4.2)$$

$$Y = \frac{l}{A.\operatorname{tg}\alpha} \quad (4.3)$$

bağıntısını kullanarak Young modülünü hesaplayınız.



Grafik 4.1.

Grafik kağıdına n' için bulduğunuz değerlere karşılık bir grafik daha çiziniz. *S2: Bu grafikte, kuvvet sıfır olduğu halde, uzama sıfır olmuyor. Yani grafik başlangıç noktasından geçmiyor. Nedeni nedir?*

4.5. SORULAR

- 1) Hooke kanununu açıklayınız
- 2) Young modülü nelere bağlıdır açıklayınız.

DENEY 5

EĞİK DÜZLEM

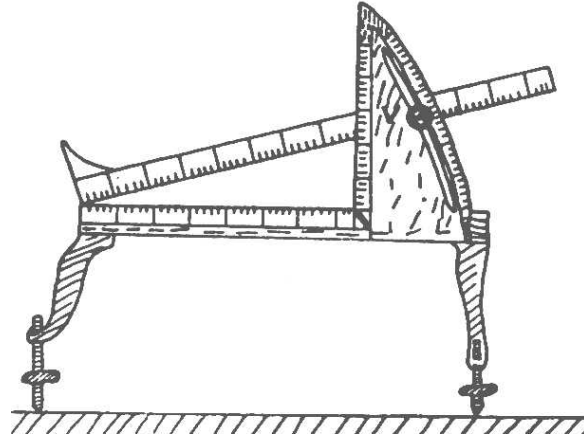
5.1. DENEYİN AMACI

Bir basit makine olan eğik düzlemde enerji dönüşümü sağlanırken kazanılan kuvveti ve verimi uygulamada ve kuramda bulmak.

5.2. ARAÇ VE GEREÇLER

Eğik düzlem aleti, araba, saplı ve sapsız 50 g'lık kütleler, destek, makara ve ip

5.3. DENEY DÜZENEĞİ VE DENEYİN YAPILIŞI



Şekil 5.1. Eğik Düzlem Aleti

5.3.1. İşin Korunumu Prensibinin Gerçeklenmesi

Eğik düzlem tahtasının serbest ucunu kaldırarak eğik düzlemin boyu (S) yüksekliği (h) belli değerlere getirilip vidası sıkıştırılır. Arabanın ağırlığı (P_0) terazide tartılarak bulunur. Masanın kenarına tutturulan desteğe uygun yükseklikte bir makara tutturulur. Arabanın çengeline bağlanan iplik makaradan geçirilip ucuna saplı 50 g'lık kütle asılır. Daha sonra arabaya ve makaradan geçen diğer uca kütleler asılarak denge sağlanır. Arabanın ağırlığı (P_0), bunu dengeleyen ağırlık (F), eğik düzlemin boyu (S) ve yüksekliği (h) Çizelge 5.1 'e yazılır.

Arabanın ekseninde bulunan küçük çengele düzlemler arasındaki boşluktan geçirilerek saplı kütle asılır. Buna birkaç tane sapsız kütle takılır. Üç ayrı P' değeri için sistemi durgunken dengeye getiren F kuvveti bulunur. Bulunan bu değerler Çizelge 5.1 'e yazılır.

P_0 : Arabanın ağırlığı

P' : Arabaya eklenen kütle için ağırlık

P : Araba + Ek kütle sisteminin ağırlığı ($P = P_0 + P'$)

F : (Araba + ek kütle)'yi dengeleyen ağırlık

$$\frac{P}{F} = \frac{S}{h} \Rightarrow P.h = F.S \quad (5.1)$$

(5.1) Bağıntısı *İşin Korunumu İlkesi* olarak adlandırılır.

Çizelge 5.1.

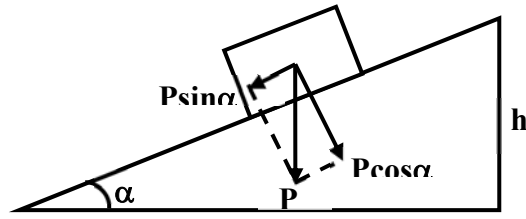
P_0 (N)	P' (N)	F (N)	h (m)	S (m)	$\frac{P_0 + P'}{F}$	$\frac{S}{h}$

S1: Elde ettiğiniz sonuçlar işin korunumu ilkesini doğruluyor mu? Açıklayınız.

5.3.2. Eğik Düzlem Üzerinde Cisme Etki Eden Kuvvetin Eğik Düzleme Paralel Bileşeni İle Eğik Düzlem Açısı Arasındaki Bağıntının Doğrulanması

Deneyin ilk kısmının sonunda araba ve ona eklenmiş olan ağırlık toplamı (P) sabit kalır. (P hiç değiştirilmeyecek). Üçgen biçimli tahta levhanın dereceler yazılı bölmesi kullanılarak eğik düzlem ile yatay arasındaki açı belli bir değere getirilip vidası sıkıştırılır. Bu açı için denge sağlanır ve dengeyi sağlayan ağırlık (F) belirlenir.

α 'nın üç ayrı değeri için makaraya asılı kütle değiştirilip denge sağlanır. Ölçülen değerlerle Çizelge 5.2 doldurulur. (α için 20, 30 ve 40 dereceleri almak önerilir.)



Şekil 5.2.

$$\frac{P}{F} = \frac{S}{h} \Rightarrow F = P \frac{h}{S} \quad (5.2)$$

$$\frac{h}{S} = \sin \alpha \quad (5.3)$$

$$F = P \cdot \sin \alpha \quad (5.4)$$

P sabit olduğundan P_1 ile düzlem açısının sinüsünün doğru orantılı olduğu bulunur.

Çizelge 5.2.

P = N			
α (°)	$\sin \alpha$	P. $\sin \alpha$ (N)	F (N)

S2: $F = P \cdot \sin \alpha$ 'dan; α büyüdükçe F'de büyüyor mu? $\alpha = 0$ ve $\alpha = 180^\circ$ için durumu tartışın.

5.3.3. Eğik Düzlemde Teorik ve Pratik Mekanik Avantajın Bulunması

5.3.3.1. Mekanik avantaj

Basit makinelerde enerji dönüşümü sağlarken genellikle kuvvetten kazanırız. Bir makinenin yük üzerine etki ettirdiği P kuvvetinin, işçi tarafından makineye etki ettirilen F kuvvetine

oranına, makinenin *mekanik avantajı* denir. Eğer enerji sürtünmeler ve diğer nedenlerle başka enerjilere dönüşmüyorsa (ideal bir makine hali) P/F oranına makinenin *kuramsal mekanik avantajı* (A) denir.

$$A = \frac{P}{F} \quad (5.5)$$

olur. Makinenin uyguladığı kuvvetin aldığı yol (h), F 'nin aldığı yol (S) ise enerjinin kaybolmadığını kabul ettiğimize göre $P.h = F.S$ ve buradan,

$$A = \frac{P}{F} = \frac{S}{h} \quad (5.6)$$

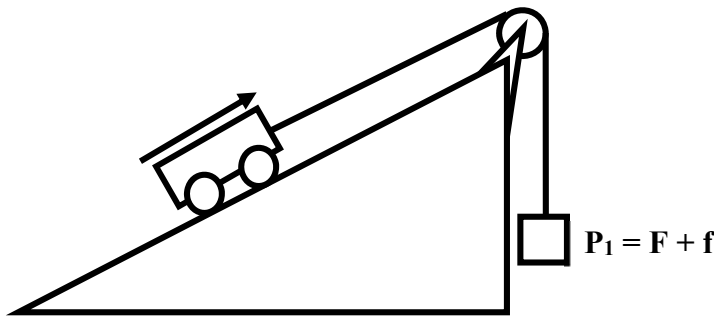
yazılabilir. Enerji dönüşümü sırasında bir miktar enerji kaybolursa, o zaman alınan enerji verilene eşit olmayacaktır. Bu durum için makinenin verdiği enerjinin (W_1), aldığı enerjiye oranına (W_2) makinenin uygulamalı mekanik avantajı denir.

5.3.3.2. Verim

Bir makinenin verimi, verdiği işin aldığı işe oranı olarak tanımlanır. Sürtünme, ısı ve başka nedenlerle hiçbir makinenin verdiği enerji aldığına eşit değildir. Bütün makinelerin verimi birden küçüktür ve bu sayı yüzde olarak ifade edilir.

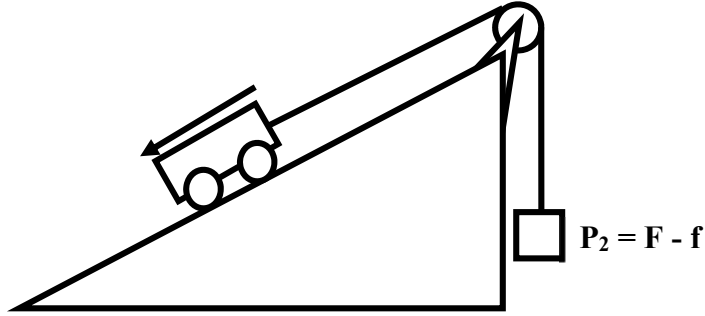
5.3.3.3. Uygulamalı ve kuramsal mekanik avantajın hesaplanması

Eğik düzlemin açısı 30° yapıldıktan sonra, makara ve arabaya uygun kütleler eklenerek dengeye getirilir. Sonra makaraya asılı olanlar üzerine öyle bir kütle eklenir ki araba yukarı doğru ivmesiz hareket etsin Cismi dengeleyen kuvvet F ve sürtünme kuvveti f ise $P_1 = F + f$ dir. (Şekil 5.3.)



Şekil 5.3.

Bu kez P_1 'den öyle bir P_x kütleleri alınsın ki araba ivmesiz olarak aşağı doğru hareket etsin. (Şekil 5.4) Bu zamanda $P - P_x = P_2 = F - f$ olur.



Şekil 5.4.

Şekil 5.3 ve Şekil 5.4 'den yararlanarak

$$\begin{aligned} F + f &= P_1 \\ F - f &= P_2 \end{aligned} \quad \text{ve} \quad F = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

olarak bulunur. Ölçülen değerlerden kuramsal mekanik ve uygulamalı mekanik avantajlar hesaplanır.

Çizelge 5.3.

Ölçüler	Hesaplar
$P_1 =$	Mekanik Avantaj = P/F =
$P_2 =$	
$P =$	Mekanik Avantaj = S/h =
$F =$	Faydalı İş (W_F) = $F.S$ =
$S =$	
$h =$	Toplam İş (W_T) = $(F+f).S$ =

$f = P_1 - F =$	Verim(%) = $(W_F / W_T) \times 100 = \dots\dots\dots$
-----------------	---

5.4. SORULAR

- 1) Eğik düzlemde ifade edilen enerji dönüşümü olayını açıklayınız.
- 2) İş-Enerji prensibini açıklayınız.

DENEY 6

SÜRTÜNME KATSAYISI

6.1. DENEYİN AMACI

Sürtünme kuvvetlerinin incelenmesi, verilen yüzey çiftleri için statik ve kinetik sürtünme katsayılarının eğik düzlemde ölçülmesi.

6.2. ARAÇ VE GEREÇLER

Tahta düzlem, statik çubuk, bağlama parçası, masa kıskacı, tahta ve bez yüzeyli bloklar, cetvel, mil ya da çivi

6.3. TEORİK BİLGİ

Sürtünme kuvveti; bir yüzey ile temasta kalarak ya da bir akışkan içinde hareket eden cisimlere etkiyen kuvvettir. Sürtünme kuvveti her zaman kendisini oluşturan etki kuvvetine ters yöndedir. Bu kuvvet, cisimlerin dış yüzeyleri ile ilgili ise “dış sürtünme” cisimlerin içyapısı ile ilgili ise “iç sürtünme” denir. Dış sürtünme 3'e ayrılır;

- 1) Statik sürtünme ya da tutunma sürtünmesi; duran bir cismi, hareket etmeye zorlayan bir kuvvet olması durumunda, cismin hareket etmesini engelleyen, cisim ile dış yüzeyler arasındaki etkileşmeden kaynaklanan kuvvettir. Alabileceği en yüksek değer, cismi ancak harekete geçirmek için üzerinde bulunduğu yüzeye paralel doğrultuda uygulanması gereken minimum kuvvet kadardır.
- 2) Kinetik sürtünme (kayma sürtünmesi); hareketli bir cisme etkiyen sürtünme kuvvetidir. Büyüklüğü, cismin hareketini küçük fakat ivmesiz bir hızla sürdürebilmek için sürtünen yüzeylere paralel doğrultuda uygulanması gereken kuvvet kadardır. Statik sürtünme kuvveti, kinetik sürtünme kuvvetinden daha büyüktür.
- 3) Yuvarlanma sürtünmesi; yuvarlanan cisimler için söz konusudur.

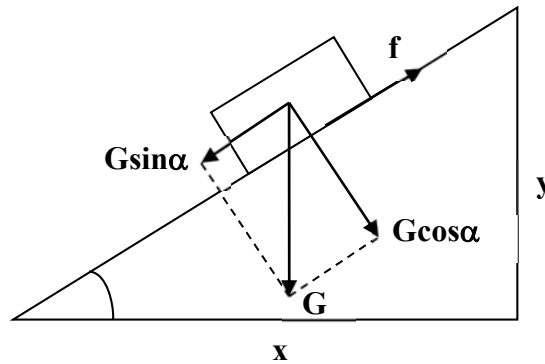
Yapılan ölçüler dış sürtünme kuvvetinin, sürtünen yüzeyleri sıkıştıran normal kuvvetle orantılı olduğunu yüzey çiftinin cinsine ve fiziksel durumuna bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. "f" sürtünme kuvveti "N" yüzeyleri birbirine sıkıştıran normal kuvvet olmak üzere,

$$f \leq N \cdot \mu \quad (6.1)$$

dir. Burada μ sürtünen yüzeylerin cinsine ve fiziksel durumuna bağlı olup "sürtünme katsayısı" adını alır. Sürtünme kuvveti sürtünen yüzeylerin büyüklüğünden bağımsızdır.

(6.1) bağıntısı statik, kinetik, yuvarlanma sürtünmeleri için ayrı ayrı doğrudur. Fakat bir yüzey çiftine ait katsayıları her hal için farklıdır. μ_s statik sürtünme katsayısı, μ_k kinetik sürtünme ve μ_y yuvarlanma sürtünme katsayısı ise $\mu_s > \mu_y > \mu_k$ 'dir. Kinetik sürtünme katsayısı sürtünen yüzeylerin bağıl hızı arttıkça azalır.

Aşağıdaki eğik düzlem şeklinde de görüldüğü gibi cismin üzerinde bulunduğu düzlemin yatayla yaptığı açı belli bir α değerine gelince harekete başlar. Bu anda cisme etkiyen $G = mg$ ağırlık kuvvetini bileşenlerine ayırırsak,



Şekil 6.1. Deney Düzenegi

$G = mg$ ise $N = mg \cos \alpha$ olur. Bu değerler (6.1) de yerine yazılırsa, $F = f$ ise $F = mg \sin \alpha$

$$\mu = \tan \alpha = \frac{y}{x} \quad (6.2)$$

bulunur.

6.4. DENEYİN YAPILIŞI

6.4.1. Statik Sürtünme Katsayısının Tayini

Bu kısımda (tahta-tahta) ve (tahta-bez) yüzey çiftlerinin statik sürtünme katsayıları belirlenecektir. Dikdörtgenler prizması şeklindeki tahta bloğu eğik düzlem üzerine yerleştiriniz. Eğik düzlemi yavaş yavaş kaldırınız. Cisim kaymaya başladığı anda eğik düzlemi sabitleştirerek y ve x uzunluklarını ölçüp, (6.2) bağıntısını kullanarak μ 'yü bulunuz. Bulduğunuz değerleri Çizelge 6.1 'e yazınız. Bu işlemi eğik düzlemin farklı bölgeleri için beş defa tekrarlayınız. Daha sonra aynı işlemleri, bir tarafı bez ile kuşatılmış blok için tekrarlayarak ölçümlerinizi Çizelge 6.2 'ye yazınız.

6.4.2. Kinetik Sürtünme Katsayısının Tayini

Aynı yüzey çiftleri için kinetik sürtünme katsayılarını da ölçünüz. Bunun için eğim açısını yavaş yavaş arttırınız. Her adımda cisme parmakla dokunarak aşağı doğru küçük bir ilk hareket

veriniz. Eğim açısı kinetik sürtünme katsayısı için kritik değere ulaştınca başlattığımız ilk hareket küçük fakat sabit bir hızla devam edecektir. Bu durumda x ve y değerlerini ölçerek Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4'e yazınız. Ölçüyü beşer defa tekrarlayarak kinetik sürtünme katsayılarını ve yapılan mutlak hataları hesaplayınız.

6.5. SONUÇLAR VE HESAPLAMALAR

Çizelge 6.1.

Eğik düzlemin yüzeyi ile tahta yüzey arasındaki statik sürtünme katsayısı					
Deneme No	y (m)	x (m)	$\mu=y/x$	$\Delta\mu=\mu-\mu_{ort.}$	$(\Delta\mu)^2$
1					
2					
3					
4					
5					
$\mu_{ort.} = \dots\dots\dots$ $(\Delta\mu)^2_{ort} = \dots\dots\dots$ $\mu_s = \mu_{ort.} \pm [(\Delta\mu)^2_{ort}]^{1/2} = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots$					

Çizelge 6.2.

Eğik düzlemin yüzeyi ile bez yüzey arasındaki statik sürtünme katsayısı					
Deneme No	y (m)	x (m)	$\mu=y/x$	$\Delta\mu=\mu-\mu_{ort.}$	$(\Delta\mu)^2$
1					
2					
3					
4					
5					
$\mu_{ort} = \dots\dots\dots$ $(\Delta\mu)^2_{ort} = \dots\dots\dots$ $\mu_s = \mu_{ort} \pm [(\Delta\mu)^2_{ort}]^{1/2} = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots$					

Çizelge 6.3.

Eğik düzlemin yüzeyi ile tahta yüzey arasındaki kinetik sürtünme katsayısı					
Deneme No	y (m)	x (m)	$\mu=y/x$	$\Delta\mu=\mu-\mu_{ort}$	$(\Delta\mu)^2$
1					
2					
3					
4					
5					
$\mu_{ort} = \dots\dots\dots$ $(\Delta\mu)^2_{ort} = \dots\dots\dots$ $\mu_k = \mu_{ort} \pm [(\Delta\mu)^2_{ort}]^{1/2} = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots$					

Çizelge 6.4.

Eğik düzlemin yüzeyi ile bez yüzey arasındaki kinetik sürtünme katsayısı					
Deneme No	y (m)	x (m)	$\mu=y/x$	$\Delta\mu=\mu-\mu_{ort}$	$(\Delta\mu)^2$
1					
2					
3					
4					
5					
$\mu_{ort} = \dots\dots\dots$ $(\Delta\mu)^2_{ort} = \dots\dots\dots$ $\mu_k = \mu_{ort} \pm [(\Delta\mu)^2_{ort}]^{1/2} = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots$					

6.6. SORULAR

- 1) Sürtünme kuvveti nelere bağlıdır? Açıklayınız.
- 2) Sürtünme katsayısını başka nasıl bir yöntemle ölçebilirsiniz?
- 3) Sürtünme katsayısının birimini söyleyebilir misiniz?

- 4) Sürtünme kuvveti hangi hallerde gerekli ve hangi hallerde ise ortadan kaldırılması gereken bir kuvvettir?
- 5) İki yüzey arasındaki sürtünme katsayısını küçültmek için ne gibi çarelere başvurulabilir?

DENEY 7

VİSKOZİMETRE

7.1. DENEYİN AMACI

Stokes viskozimetresi ile gliserinin viskozite katsayısının ölçülmesi.

7.2. ARAÇ VE GEREÇLER

5 adet cam bilye, cam silindir, gliserin, mm bölmeli cetvel, mikrometre, süreölçer, duyarlı terazi

7.3. TEORİK BİLGİ

Viskozite: Farklı hıza sahip komşu sıvı tabakaları arasındaki iç sürtünmedir ve hareket halindeki sıvılarda veya bir sıvı ile temasta olan cisimlerin hareketlerinde önemli rol oynar

Viskozite katsayısı: Aralarındaki uzaklık 1 m olan 1 m²'lik paralel iki sıvı tabakası arasındaki bir m/s'lik hız farkı doğuran kuvvet, viskozite katsayısına eşit olup birimi (kg/m.s)'dir. Sıvıların viskozitesi sıcaklık artışıyla azalır, gazlarınki ise artar.

Stokes'a göre viskozite katsayısı η olan bir akışkan içinde v limit hızı ile düşen "r" yarıçaplı küreciğe etkiyen sürtünme kuvveti;

$$F = 6\pi r \eta v \quad (7.1)$$

v hızı sabit olduğuna göre küreciği hareket ettirici kuvvet (cismin ağırlığı) ile F kuvveti dengededir. Küreciğin yoğunluğu ρ , akışkanınki ρ' ise, sıvının kaldırma kuvveti ve cismin ağırlığının bileşkesi F kuvvetine eşit olup;

$$F = \frac{4}{3}\pi r^3 g (\rho - \rho') \quad (7.2)$$

şeklindedir. (7.1) ve (7.2) den,

$$\eta = \frac{2g}{9v} (\rho - \rho') r^2 \quad (7.3)$$

bulunur. Sağ taraftaki büyüklükleri ölçerek viskozite katsayısı (η) hesaplanabilir.

7.4. DENEYİN YAPILIŞI

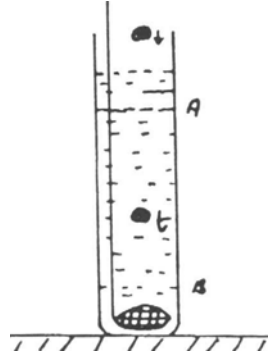
Deney için viskozite katsayısı ölçülecek sıvı (gliserin) ile doldurulmuş bir cam silindir ve beş adet bilye gereklidir. Viskozite katsayısını ölçmek için sırasıyla aşağıdaki işlemler yapılır;

- 1) Verilen beş adet bilyenin her birinin d çapı mikrometre ile üç farklı yerinden ölçülür. Yapılan onbeş ölçümün ortalamasından yarıçap " $r = d/2$ " hesaplanır.

- 2) Bilyelerin hepsi birden duyarlı terazide tartılarak M kütlesi bulunur ve bir bilyenin ortalama kütlesi $m = M/5$ hesaplanır.
- 3) Yukarıda elde edilen "r" ve "m" değerleri (7.4) bağıntısında yerine konularak bilyelerin ortalama yoğunluğu hesaplanır.

$$\rho = \frac{3m}{4\pi r^3} \quad (7.4)$$

- 4) Verilen beş bilyeden biri cam silindirdeki sıvı yüzeyine mümkün olduğu kadar yakın bir noktadan serbest düşmeye bırakılır. Bilye sıvı içinde önce hızlanan bir hareket yapar. Fakat hız çabucak limit bir değere ulaşır. Hızın sabit olduğu bölgede cam silindir üzerine A ve B olmak üzere iki işaret çizgisi çizilmiştir (Şekil 7.1). Bilye A çizgisinden geçerken süreölçer çalıştırılır, B'den geçerken durdurulur. Böylece bilye " $x = |AB|$ " yolunu alması için geçen "t" zamanı ölçülmüş olur. Diğer 4 bilye için de aynı işlemler yapılır ve ortalama zaman "t" bulunur.



Şekil 7.1. Deney Düzenegi

- 5) $x = |AB|$ yolu dikkatli biçimde ölçülerek " $v = x/t$ " formülünden hız bulunur.
- 6) r , ρ , v , (gliserinin yoğunluğu $\rho = 1,260 \text{ g/cm}^3$), ($g = 980 \text{ cm/s}^2$) değerleri formülde yerine konularak " η " hesaplanır.
- 7) Viskozite katsayısı sıcaklıkla değiştiği için, laboratuvar sıcaklığını sıcaklıkölçerden (termometre) okuyup sonucunuzun yanına diğer veriler ile yazmalısınız.

7.5. SONUÇLAR VE HESAPLAMALAR

Çizelge 7.1.

Sıvının Cinsi = Gliserin	S =
Γ_{ort} =	t_{ort} =
m_{ort} =	V =
ρ' =	T =
ρ =	η =

7.6. SORULAR

- 1) Yoğunluğu tanımlayınız ve birimini söyleyiniz. Yoğunlukla özgül ağırlık arasında ne fark vardır?
- 2) Bir akışkan içinde bir cisme etkiyen kaldırma kuvvetini açıklayınız.
- 3) Limit hıza ulaşmış bir cisme etkiyen kuvvetler nelerdir ve aralarında nasıl bir bağıntı vardır?
- 4) (7.2) ve (7.3) bağıntılarını çıkarınız.

DENEY 8

MERKEZCİL KUVVET

8.1. DENEYİN AMACI

Dönme hareketi yapan bir platform üzerindeki bir cisme etki eden merkezci kuvvetin belirlenmesi ve bu kuvveti etkileyen etmenlerin incelenmesi.

8.2. ARAÇ VE GEREÇLER

Merkezcil kuvvet deney sistemi, süreölçer, 10'ar gramlık 5 tane kütle

8.3. TEORİK BİLGİ

Dönme hareketi yapan platformun üzerindeki bir cisme etki eden merkezci kuvvet:

$$\vec{F} = m \cdot \omega^2 \cdot \vec{R} \quad (8.1)$$

ifadesi ile verilir. Burada: m, cismin kütlesi (kg); ω , dönen platformun açısal hızı (rad/s) ve R; platform üzerinde bulunan cismin kütle merkezinin dönme eksenine olan uzaklığıdır.

Açısal hız (ω) ile dönen platformun frekansı (f) veya periyodu (T) arasındaki bağıntı:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f \quad (8.2)$$

dır.

Eşitlik (8.1)'den anlaşılacağı üzere, merkezci kuvvet yarıçap vektörü ile aynı doğrultulu ve yönü merkeze doğrudur.

8.4. DENEY DÜZENEGİ

Merkezcil kuvvet deney düzeneği Şekil 8.1'de verilmiştir. Deney düzeneği iki kısımdan meydana gelmektedir. İlk kısım düşey doğrultuda yerleştirilmiş ve rahatlıkla dönebilen bir mil üzerine sabitlenen bir platformdur, ikinci kısım ise bu platformu döndürmek için tasarlanmış olan bir elektrik motorudur. Elektrik motorunun döndürme hızı motor üzerindeki ayar düğmesi kullanılarak istenilen periyoda ayarlanabilir.



Şekil 8.1. Merkezci kuvvet deney düzeneği

Şekil 8.1’de görüldüğü gibi, dönme platformu üzerine, yarıçap doğrultusunda rahatlıkla hareket edebilen bir araba yerleştirilmiştir. Dönme sırasında arabaya etki eden kuvvetin doğrudan ölçülmesi için dönme eksenine üzerine yerleştirilmiş olan bir kuvvetölçer (dinamometre) ile araba bir makara aracılığıyla birbirlerine ipe bağlanmıştır. Kuvvetölçer, istenilen, yarıçap ve kuvvet değerlerini ayarlamak amacıyla, düşey eksen boyunca hareket ettirilebilecek şekilde yerleştirilmiştir.

Merkezci kuvvet deney düzeneğindeki kuvvetölçer, dönen platform üzerindeki arabaya etki eden kuvveti Newton cinsinden (0 - 2 N.) ölçebilecek şekilde ölçeklenmiştir. Böylelikle, belirli bir dönme frekansı için toplam kütlesi m olan arabanın, dönme ekseninden R uzaklıktaki bir yerde bulunması durumunda arabaya etki eden merkezci kuvvet kuvvetölçerden kolaylıkla okunabilmektedir.

8.5. DENEYİN YAPILIŞI

8.5.1. Merkezci kuvvet ile açısal hız arasındaki ilişkinin incelenmesi

Merkezci kuvvet ile açısal hız arasındaki ilişkinin incelenmesi için, arabanın kütlesi ve yörünge yarıçapının sabit tutulması gereklidir. Bu amaçla deneye başlamadan önce 50 g.’lık arabanın üzerine 40 g. daha ekleyiniz (toplam kütle 90 g. olur) ve arabayı platform üzerinde dönme

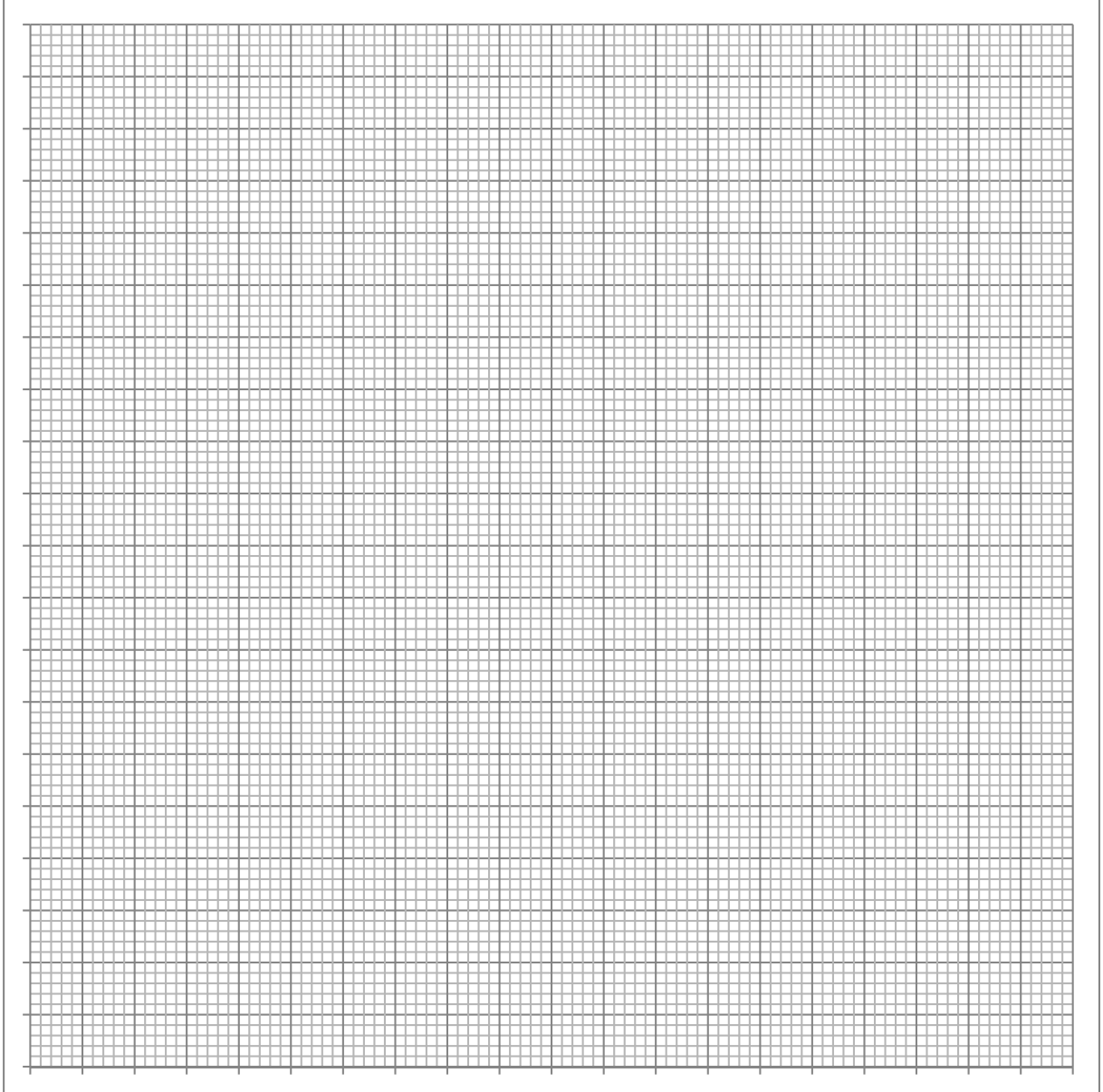
ekseninden uzaklığı $R = 0,35$ m oluncaya kadar elinizle çekip götürünüz ve araba bu konumda iken düşey eksen üzerindeki kuvvetölçeri aşağı yukarı hareket ettirerek $0,6$ N. değerini göstermesini sağlayınız. Bu ayarlamayı yaptıktan sonra elinizi çekerek araba ve kuvvetölçeri serbest bırakınız. Daha sonra döndürme motorunu çalıştırarak, platformun dönmesini sağlayınız. Döndürme motoru üzerindeki ayar düğmesini değiştirdikçe kuvvetölçerden okuduğunuz değer değiştiğini göreceksiniz. Bu ayar düğmesini kullanarak, platformun dönme hızını; kuvvetölçerin gösterdiği değer $0,6$ N olacak şekilde ayarlayınız. Bunu sağladığımız anda, ($F = 0,6$ N ve $R = 0,35$ m) platformun 5 kez dönmesi için geçen süreyi bir süreölçer yardımıyla ölçünüz ve ölçtüğünüz bu değeri kullanarak periyodu, frekansı ve açısal hızı hesaplayınız (Eşitlik 8.2'yi kullanınız). Bu işlemlerin ardından döndürme motorunu kapatınız. Arabayı yine elinizle $R = 0,35$ m olan konuma götürerek, kuvvetölçeri yine aşağı yukarı kaydırarak bu kez $0,8$ N göstermesini sağlayınız ve az önce anlatılan işlemleri tekrarlayarak döndürme motorunu yeniden çalıştırınız. Aynı şekilde yine ayar düğmesini kullanarak, kuvvetölçerin gösterdiği değer bu kez $0,8$ N olmasını sağlayarak, yukarıdaki işlemleri tekrarlayınız. Bu durumda yarıçap önceki denemede olduğu gibi yine $R = 0,35$ m olacak yani sabit kalacaktır.

Yukarıda anlatılan denemeleri, $1,0 - 1,2 - 1,4$ N ... gibi en az 6 farklı kuvvet için tekrarlayarak elde ettiğiniz değerleri Çizelge 8.1'e yazınız. Bu kısımda dikkat edilmesi gereken en önemli nokta; denemelerin tümünde, kuvvet değiştirilirken, yörünge yarıçaplarının $R = 0,35$ m olması sağlanacaktır.

Çizelge 8.1. Merkezci kuvvetin açısal hıza bağlı değişimi

$m = 0,090$ kg. ve $R = 0,35$ m.					
F (N)	t (5 dönme için geçen süre) (s)	Periyot $T = t/5$ (s)	Frekans $f = 1/T$ (s^{-1})	$\omega = 2\pi f$ (rad/s)	ω^2 (rad^2/s^2)
0.4					
0.6					
0.8					
1.0					
1.2					
1.4					
1.6					

Çizelge 8.1'deki verileri kullanarak $F - \omega^2$ grafiğini çiziniz (F değerlerini düşey eksende gösteriniz). **S1:** Elde ettiğiniz grafik, merkezci kuvvet ile açısal hızın karesinin doğru orantılı olduğunu gösteriyor mu? **S2:** Grafiğin eğimi ile sabit tuttuğunuz nicelikler arasında bir bağlantı var mı?



Grafik 8.1.

8.5.2. Merkezci kuvvet ile yörünge yarıçapı (R) arasındaki ilişkinin incelenmesi

Merkezcil kuvvet ile yörünge yarıçapı arasındaki ilişkinin incelenmesi için, arabanın kütlesi ve açısal hızın sabit tutulması gereklidir. Ancak, arabayı istenilen yörünge yarıçaplarında hareket

ettirirken, aynı zamanda da platformun açısal hızını sabit tutmak pratikte mümkün değildir. Bu nedenle merkezci kuvvet ile yörünge yarıçapı arasındaki ilişkiyi bulmak için daha farklı bir yöntem kullanılacaktır. Buna göre, deneyin ilk bölümünde elde edilen ve Çizelge 8.1’de verdiğiniz değerleri, kütle aynı kalmak şartıyla, farklı bir R değeri için de elde ediniz. Mesela $m = 0,090$ kg olmak üzere, $R = 0,25$ m için, deneyin birinci kısmında yapılanları tekrarlayarak, elde ettiğiniz verileri Çizelge 8.2’e yazınız.

Çizelge 8.2. $m = 0,090$ kg ve $R = 0,25$ m için elde edilen veriler

$m=0,090$ kg ve $R = 0,25$ m					
F (N)	t (5 dönme için geçen süre) (s)	Periyot $T = t/5$ (s)	Frekans $f = 1/T$ (s^{-1})	$\omega = 2\pi f$ (rad/s)	ω^2 (rad^2/s^2)
0.4					
0.6					
0.8					
1.0					
1.2					
1.4					
1.6					

Çizelge 8.1 ve Çizelge 8.2’de elde ettiğiniz veriler sabit bir kütle ($m = 0,090$ kg) için elde edilmiştir ve değişen tek parametre yörünge yarıçapıdır. Buna göre, Çizelge 8.2’deki verileri kullanarak, bir önceki kısımda $R = 0,35$ m için çizmiş olduğunuz grafiğin eksenleri üzerinde $F - \omega^2$ grafiğini bu kez $R = 0,25$ m için çizin ve eğrilerin, hangi R değerine ait olduklarını yanlarına yazınız.

Grafikteki, ω^2 eksenindeki herhangi bir yerden, çizeceğiniz dikmenin, her iki R değeri için çizdiğiniz eğrileri kestikleri noktalara karşılık gelen kuvvet değerlerini grafikten okuyarak bulunuz. Bu değerler, aynı kütle ve aynı açısal hıza karşılık gelen, ancak yarıçapları farklı durumları temsil eder. Elde ettiğiniz veriler, merkezci kuvvet ile yörünge yarıçapının doğru orantılı olduğunu gösteriyor mu?

8.5.3. Merkezci kuvvet ile kütle arasındaki ilişkinin incelenmesi

Merkezci kuvvet ile arabanın toplam kütlesi (m) arasındaki ilişkiyi bulmak için, önceki kısımda uygulanan yöntemin aynısı uygulanacaktır. Buna göre, deneyin ikinci bölümünde elde

edilen ve Çizelge 8.2’de verdiğiniz değerleri, yarıçap aynı kalmak şartıyla, farklı bir kütle değeri için elde ediniz. Mesela $R=25$ cm olmak üzere, $m = 0,065$ kg için, deneyin ikinci kısmında yapılanları tekrarlayarak, elde ettiğiniz verileri Çizelge 8.3’e yazınız.

Çizelge 8.3. $R = 0,25$ m ve $m = 0,065$ kg için elde edilen veriler

$R=0,25$ m ve $m = 0,065$ kg					
F (N)	t (5 dönme için geçen süre) (s)	Periyot $T = t/5$ (s)	Frekans $f = 1/T$ (s^{-1})	$\omega = 2\pi f$ (rad/s)	ω^2 (rad^2/s^2)
0.4					
0.6					
0.7					
0.8					
1.0					
1.1					
1.2					

Çizelge 8.2 ve Çizelge 8.3’de elde ettiğiniz veriler sabit bir yörünge yarıçapı ($R = 0,25$ m) için elde edilmiştir ve değişen tek parametre arabanın toplam kütesidir (m). Buna göre, Çizelge 8.3’deki verileri kullanarak, ilk iki bölümde elde etmiş olduğunuz aynı grafiğin eksenleri üzerine; üçüncü $F - \omega^2$ grafiğini bu kez $m = 0,065$ kg için çizin ve eğrilerin, hangi m değerine ait olduklarını yanlarına yazınız.

Grafikteki, ω^2 eksenindeki herhangi bir yerden, çizeceğiniz dikmenin, R değerleri aynı ($0,25$ m), m değerleri farklı olan iki grafiği kestiği noktalara karşılık gelen kuvvet değerlerini grafikten okuyarak bulunuz. Bu değerler, aynı yarıçap ve aynı açısal hıza karşılık gelen, ancak toplam kütleleri farklı durumları temsil eder. **S3:** *Elde ettiğiniz veriler merkezci kuvvet ile arabanın toplam kütesinin doğru orantılı olduğunu gösteriyor mu?*

8.6. SORULAR

- 1) Dünya ile ay arasında gravitasyonel bir çekim kuvveti olmasına rağmen, niçin ay dünyanın üzerine düşmez?

DENEY 9

EYLEMSİZLİK TERAZİSİ

9.1. DENEYİN AMACI

Bir cismin kütesinin, cismin eylemsizliğinin bir ölçüsü ve cisimdeki madde miktarı olduğunu, eylemsizlik terazisi ile yapılan deney sonucunda saptamak.

9.2. ARAÇ VE GEREÇLER

Eylemsizlik terazisi düzeneği, masa kıskacı, kütleler, süreölçer

9.3. TEORİK BİLGİ

Verilen bir F net kuvvetinin oluşturduğu a ivmesi kuvvetin uygulandığı cisme bağlıdır. Kütleli büyük cisimlere ivme kazandırmak daha zordur. F ile a arasındaki doğru orantı $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ biçimindedir. Başka bir deyimle cismin hareketinde bir değişiklik yapmak için uygulanması gerekli kuvvetin büyüklüğü, onun kütesine bağlıdır ve bu kütleyle “eylemsizlik kütle” denir. O halde kütle, cismin eylemsizliğinin bir ölçüsüdür denebilir. Bir cisme belli bir ivme kazandırmak için gerekli kuvvet ne kadar büyük ise, cismin eylemsizlik kütle o kadar büyüktür.

Evrensel çekim yasasına göre, bir cisme etki eden evrensel çekim kuvveti onun kütle ile orantılıdır. Bu görüşten yola çıkarak, kütleli daha büyük cisimlere daha büyük bir çekim kuvveti etkidiği söylenebilir. Bu anlamdaki kütleyle “çekim kütle” denir. Cisimlere etkileyen çekim kuvvetleri karşılaştırılırken, her iki cismin de evrendeki öteki cisimlere göre aynı yerde bulunmalıdır.

Yapılan deneyler göstermiştir ki bir cisim için eylemsizlik kütle ile çekim kütle birbirine eşdeğerdir. Bu yönü ile ikisinin arasında bir ayırım olduğunu düşünmeye gerek yoktur ve yalnızca “kütle” sözcüğü her ikisi içinde kullanılabilir.

9.4. DENEYİN YAPILIŞI

Şekil 9.2’deki düzeneği kurun. Düzeneğin yuvarlak deliklerinin bulunduğu bölme, sağa ve sola salınım hareketi yapabilmektedir. Önce rahatça sayabileceğiniz kadar çok sayıda titreşim için geçen zamanı ölçerek, boş terazinin periyodunu belirleyiniz. Ölçümleri üçer kez yineleyerek verilerin ortalamasını alınız.

Teraziye bir, iki, üç, birim kütle koyarak periyotları bulunuz. Her bir kütle için 10 salınım için geçen süreyi ölçerek bir periyotu bulunuz.

Eylemsizlik terazisinin üzerinde bulunan oluklara beş farklı kütle konabilmektedir. Dengeli olacak biçimde beş farklı kütle kullanarak deneyi yineleyiniz.



Şekil 9.1. Deney düzeneği

Bulguları Çizelge 9.1'e yazınız. Bu ölçümlerden yararlanarak, periyodu ve periyodun karesini terazi kefesine konan kütlelerin fonksiyonu olarak grafiklerle gösteriniz.

Çizelge 9.1. Periyotun kütleyle göre değişimi

Deneme	Çekim kütlesi, m (kg)	Periyot, T (s)	T^2 (s ²)
1			
2			
3			
4			
5			
6			

Deneyi, kütleleri Şekil 9.2'deki gibi ip ile bağlayarak ağırlıklarını dengeleyiniz ve üç farklı kütle için yineleyiniz. Bulduğunuz sonuçları, ip ile bağlı olmadığı ilk aşamadaki değerlerle karşılaştırmamız. Kütlelerin ağırlığı ip tarafından dengelendiğinde, kütleler teraziye düşeyde etki etmemelidir. Verilerinizi Çizelge 9.2'ye yazınız.

Çizelge 9.2. Periyotun ipin bağlı olduğu durumla karşılaştırılması

Çekim kütlesi, m (kg)	İp Bağlı Değilken Periyot, T (s)	İp Bağlıyken Periyot, T (s)



Şekil 9.2. Deney düzeneği

Kütlesini bilmediğiniz başka maddeden yapılmış ve başka biçimdeki bir cisimle periyodu ölçünüz. Bu ölçümden elde ettiğiniz periyot değerinin karşılığı olan kütleyi, çizdiğiniz grafiklerden yararlanarak bulunuz. Daha sonra, tartı ile ölçerek çekim kütlesi ile karşılaştırtınız.

Kütlesi bilinmeyen cismin:

m (eylemsizlik kütlesi) =

m (çekim kütlesi) =

9.5. SORULAR

- 1) Çekim kütlesi ve eylemsizlik kütlesinin aynı cisim için farklı olduğu durumlar var mıdır? Açıklayınız.
- 2) Bu deneyi Ay'da yapsaydınız sonuçlarınızda bir farklılık olur muydu? Açıklayınız.

DENEY 10

FİZİKSEL (BİLEŞİK) SARKACIN İNCELENMESİ

10.1. DENEYİN AMACI

Fizik sarkacı tanımak, kater sarkacı ile yerin çekim ivmesinin şiddetini (g) bulmak.

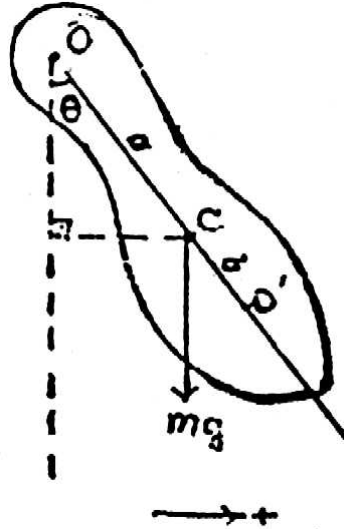
10.2. ARAÇ VE GEREÇLER

Sarkaç düzeneği, kütleler, süreölçer, cetvel

10.3. TEORİK BİLGİ

Ağırlık merkezinden geçmeyen, değişmez ve yatay bir eksen çevresinde kendi ağırlığı etkisinde sallanan (salınan) katı bir cisme "*Fiziksel sarkaç*" ya da "*Bileşik sarkaç*" denir. Sarkacın ağırlık merkezi C ve bunun O asılma eksenine uzaklığı a olsun. Sarkaç denge konumundan bir θ açısı kadar yana çekilip bırakılınca, O eksenini çevresinde salınımına başlar. Herhangi bir anda sarkaç üzerine etkiyen mg sarkaç ağırlığının O eksenine göre momenti (tork'u),

Şekil 10.1.



$$\tau = -mga \sin \theta \quad (10.1)$$

olur. Bu geri çağırıcı momentin sarkaca vereceği dönme hareketinin açısal ivmesi,

$$\alpha = \frac{d^2 \theta}{dt^2} \quad (10.2)$$

'dir. Sarkacın O eksenine göre eylemsizlik momenti I ile gösterilirse dinamiğin temel ilkesinden;

$$I \frac{d^2 \theta}{dt^2} = -mga \sin \theta \quad (10.3)$$

eşitliği yazılabilir. Bu denklem fiziksel sarkacın hareket denkleminin diferansiyel biçimidir. Küçük yer değiştirmeler ($\theta < 5^\circ$) için Eşitlik 10.3 (θ radyan cinsinden olmak üzere);

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{mga}{I}\theta \quad (10.4)$$

biçimine girer.

Görülüyor ki küçük genlikli salınımlar basit harmonik harekettir. Son denklemin çözümünden

$$\omega^2 = \frac{mga}{I} \quad (10.5)$$

salınım hareketinin periyodu için

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mga}} \quad (10.6)$$

bağıntısı elde edilir. Sarkacın C ağırlık merkezinden geçen ve O'daki eksene paralel olan bir eksene göre eylemsizlik momenti,

$$I_c = mk^2 \quad (10.7)$$

bağıntısı ile bellidir. Burada m, sarkacın kütlesi; k, jirasyon yarıçapıdır. O'daki eksene göre eylemsizlik momenti de,

$$I = I_c + ma^2 \quad (10.8)$$

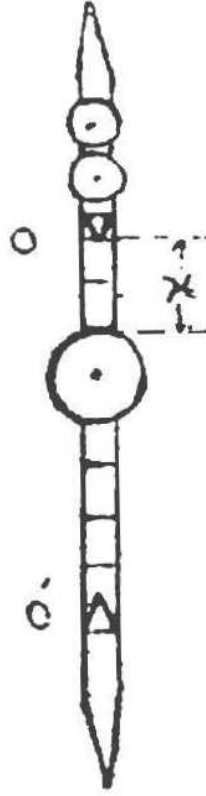
olur. Öyleyse (10.6) bağıntısı,

$$T^2 = 4\pi^2 \left[\frac{mk^2 + ma^2}{mga} \right] = 4\pi^2 \left[\frac{\frac{k^2}{a} + a}{g} \right] \quad (10.9)$$

şeklinde yazılabilir. Bu sonuç basit sarkaç için bulunan;

$$T^2 = 4\pi^2 \left(\frac{l}{g} \right) \quad (10.10)$$

bağıntısına benzer. Gerçekten $(k^2/a) + a$ 'ya eşit uzunluğundaki basit sarkacın periyodu fizik sarkacın periyoduna eşittir. Uzunluğu $l_c = (k^2/a) + a$ olan basit bir sarkaca fizik sarkacın eşdeğeri olan bir basit sarkaç denir.



Şekil 10.2. Kater Sarkacı

Verilen bir asılma merkezinden başka, sarkaç üzerinde üç nokta daha bulunur ki sarkaç bu noktalardan özellikle önemli olan ağırlık merkezinden a kadar yukarıda olan O noktası ile ağırlık merkezinin a' kadar altındaki O' noktasıdır. Eşit periyotlu bu iki nokta için,

$$T^2 = 4\pi^2 \left(\frac{a + a'}{g} \right) = 4\pi^2 \left(\frac{l}{g} \right) \quad (10.11)$$

bağıntısı yazılır.

Ayrıtları birbirlerine paralel olan iki O ve O' ekseni çevresinde eşdeğeri basit sarkacın periyoduna eşit periyotla salınan bir fizik sarkaca tersinir sarkaç denir. Tersinir sarkaçta ağırlık merkezi O ve O' eksenlerinin belirlediği düzlemde ve bu iki eksenden farklı uzaklıklarda bulunur. Tersinir sarkaçların en çok kullanılanı Kater tersinir sarkacıdır. Şekildeki sarkaç Kater sarkacının değiştirilmiş bir örneğidir. Bu sarkaçta 5'er cm bölmeli uzunca bir sarkaç çubuğu üzerinde ağızları birbirine dönük iki bıçak (eksen) vardır. Bıçaklar arasındaki uzaklık doğru olarak ölçülebilir. Birçoğunda bu uzaklık 994 mm olarak saptanmıştır.

Çubuk üzerindeki bir durumda da sarkacın O bacağı üzerindeki salınımlarının periyodu T; O' bacağının üzerindeki salınımlarının periyodu da T' ise;

$$\frac{4\pi^2}{g} = \left[\frac{(aT^2 - a'T'^2)}{(a^2 - a'^2)} \right] = \frac{1}{2} \left[\frac{(T^2 + T'^2)}{(a + a')} + \frac{(T^2 - T'^2)}{(a - a')} \right] \quad (10.12)$$

bağıntısı elde edilir. Bu bağıntı çekim alanının şiddetini incelikte bulmaya yarar. Bu bağıntıdan g çekilirse,

$$g = 4\pi^2 \frac{(a^2 - a'^2)}{(aT^2 - a'T'^2)} = \frac{8\pi^2}{\left[\frac{(T^2 + T'^2)}{(a + a')} + \frac{(T^2 - T'^2)}{(a - a')} \right]} \quad (10.13)$$

bulunur.

10.4. DENEYİN YAPILIŞI

10.4.1. Yerçekimi İvmesinin Bulunması

Sarkaç çubuğu üzerindeki kütleleri istediğiniz konuma getirip vidalarını sıkıştırınız. Çubuğu O bacağı üzerine, taşıyıcıya asıp, küçük genlikle (5° kadar) salındırınız. Süreölçer ile 10 salınım süresini 2 kez ölçüp salınım ortalama periyodunu bulunuz.

Kütlelerin yerlerine dokunmadan sarkaç çubuğunu bu kez O' bacağı üzerine oturtunuz ve küçük salınımlar veriniz. 10 salınım süresini 2 kez ölçüp ortalama T' periyodunu bulunuz.

Bulduğunuz değerleri (10.13) bağıntısında yerine koyarak yerçekimi ivmesini (g) hesaplayınız.

10.4.2. Sarkacın Tersinirlik Durumunun İncelenmesi

O bacağının üstündeki küçük kütleleri istediğiniz yerlere konumlandırınız ve deneme süresince artık bunlara dokunmayınız.

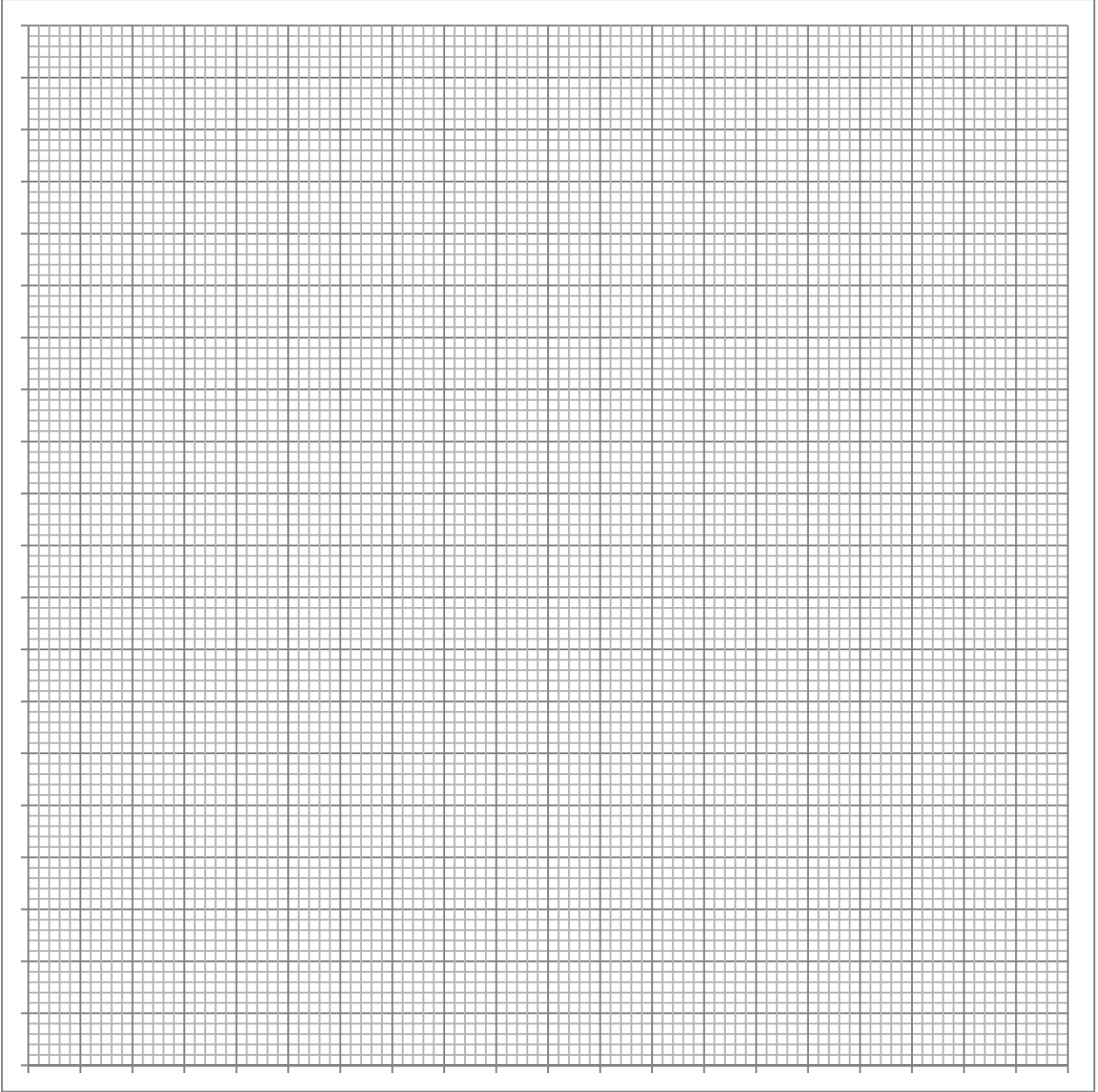
Bıçaklar arasındaki büyük kütlenin üst kenarının O bacağına olan uzaklığını $x = 0,10$ m olarak (Şekil 10.2 ye bakınız) 10 salınım süresini ölçerek T periyodunu bulunuz. Büyük kütle aynı konumda iken çubuğu O' bacağına oturtup yine 10 salınım süresini ölçüp T' periyodunu bulunuz. Daha sonra $x = 0,20 - 0,30 - 0,40 - 0,50 - 0,60 - 0,70$ ve $0,80$ m olarak her seferinde T ve T' periyotlarını bulunuz ve bunları Çizelge 10.1'e kaydediniz.

Aynı eksenler üzerinde $T = f(x)$ ve $T' = f(x)$ eğrilerini çiziniz. Bu iki eğrinin kesiştiği $T_0 = T'_0$ noktalarını belirleyiniz. $T_0 = T'_0$ değerini grafikten okuyunuz ve (10.13) bağıntısı ile g'nin değerini bir kez daha bulunuz.

S1: Eğrilerin kesişme noktalarının x_1 ve x_2 apsisleri neyi belirler? **S2:** Bu noktalar, sarkacın tersinir olması için büyük kütlelerin bulunması gereken yerler midir? Deneyerek görünüz.

Çizelge 10.1.

x (m)	T (s)	T' (s)
10		
20		
30		
40		
50		
60		
70		
80		



Grafik 10.1.

10.5. SORULAR

- 1) Fiziksel sarkaç (bileşik sarkaç) ve tersinir sarkaç nedir? Nerelerde kullanılır?
- 2) Eylemsizlik momenti ve açısal ivme nedir? Nelere bağlıdır?