

8. AÇISAL HIZ, AÇISAL İVME VE TORK

NOT: Deney kılavuzunun Dönme Dinamiği Aygıtının Kullanımı İle İlgili Bilgiler Başlıklı Bölümü okuyunuz.

AMAÇ

1. Kütle merkezi boyunca geçen sabit bir eksen etrafında dönen katı cisimlerin açısız hızlarını ve ivmelerini elde etmek.
2. Cisme farklı sabit kuvvetler uygulayarak, uygulanan kuvvetin açısız ivmeye etkisini incelemek.

ARAÇLAR

Dönme dinamiği aygıtı, yarıçapı **1,27cm olan tork makarası**, çelik diskler (**kütleleri $M_{alt}=1345g$, $M_{üst,ç}=1355g$ ve disklerin yarıçapı $d=6.35cm$**), ip ve ip tutucu (kütleleri ihmal edilebilir), kütlesi **5g olan kütle tutucu** ve **5, 10, 20g lık kütleler**, kronometre.

GİRİŞ

Çizgisel dinamikte, Newton'un ikinci yasası

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a} \quad (1)$$

idealleştirilmiş noktasal parçacık için kuvvet, kütle ve ivme arasındaki ilişkiyi tanımlar. Gerçek cisimler, noktasal parçacık değildir. Fakat idealleştirilen bu eşitlik, cismin merkezinin bir nokta olduğu tanımıyla gerçek cisimleri ifade eder. Bu kavram kullanılarak, Newton'un ikinci yasası genelleştirilmiş ve pek çok farklı sistemin hareket tanımında kullanılmaktadır. (1) bağıntısında **F** cisim üzerine etki eden dış kuvvetlerin toplamı, **m** cismin kütlesi ve **a** kütle merkezinin ivmesidir.

Genellikle cismin hareketi sırasında kütle merkezinin yeri sabit kalır. Bu deneyde hareketin önemli bir türü olan, katı cismin kütle merkezinden geçen sabit eksen etrafındaki dönü hareketi incelenecektir. Herhangi bir katı cismin kütle merkezi etrafında dönme hareketi tanımlanabilir. Katı cisim tanımı da, noktasal parçacık gibi bir idealleştirme değildir. Gerçekte çelik bir küre bile tam olarak katı değildir. Ancak hareket incelemelerinde katı cisim, noktasal parçacıktan daha çok tercih edilir ve bu modelleme ile elde edilen sonuçlar gerçek dünyada çok daha kullanışlıdır.

AÇISAL HIZ

Çizgisel harekette hız, yerdeğiştirmenin zamanla değişimi olarak tanımlanır. Ortalama hız

$$v_{\text{ort}} = \frac{x_s - x_i}{t_s - t_i} \quad (2)$$

eşitliğinden hesaplanır. Bu ifadede x_i ve x_s sırası ile cismin ilk ve son konumuna, t_i ve t_s zamana karşı gelmektedir. Cismin hızı zamanla değişmiyor sabit kalıyorsa ani (anlık) hızı ortalama hızına eşittir.

Dönme hareketinde ω açısai hız ve θ açısai yerdeğiştirme olmak üzere (2) ifadesinde yerine konursa ortalama açısai hız

$$\omega_{\text{ort}} = \frac{\theta_s - \theta_i}{t_s - t_i} \quad (3)$$

şeklinde elde edilir.

AÇISAL İVME

Çizgisel harekette ivme ise hızın zamanla değişimi olarak tanımlanır ve ortalama ivme

$$a_{\text{ort}} = \frac{v_s - v_i}{t_s - t_i} \quad (4)$$

bağıntısından hesaplanır, burada v_i ve v_s sırası ile ilk ve son hızları; t_i ve t_s ise zamanları gösterir. Eğer cismin hareketi sırasında ivme sabit ise ortalama ivme ani ivmeye eşittir.

Dönme hareketinde, ω açısai hız ve α açısai ivme olmak üzere, çizgisel hareket ifadesinde uygun yerlere yerleştirilerek, (4) e benzer olarak ortalama açısai ivme

$$\alpha_{\text{ort}} = \frac{\omega_s - \omega_i}{t_s - t_i} \quad (5)$$

şeklinde elde edilir.

AÇISAL İVME VE TORK

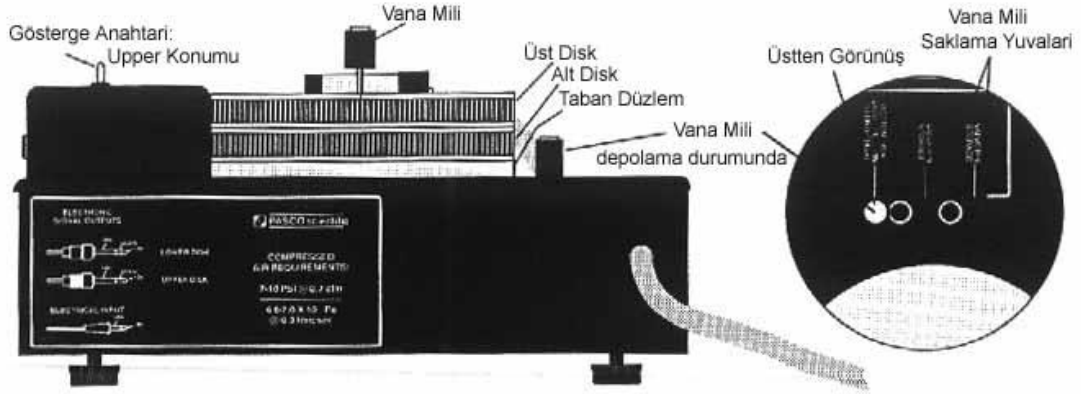
Newton' un ikinci yasaı ($\mathbf{F}=\mathbf{ma}$), çizgisel harekette kuvvet, kütle ve ivme arasındaki ilişkiyi belirttiği ifade edilmiştir. Sabit bir eksen etrafında dönme hareketi için hareket yasaı benzer olarak $\boldsymbol{\tau} = \mathbf{I}\boldsymbol{\alpha}$ ifadesi ile verilir. Ancak daha karmaşıktır. Çünkü tork (τ) ve eylemsizlik momenti (I), kuvvet ve kütlede daha kompleks değişkenlerdir.

Deneyin bu kesiminde, dönme hareketi eşitliğinin doğruluğunu test edeceksiniz. Deneye başlamadan önce, tork ve eylemsizlik momenti kavramlarının anlaşılmış olması gerekmektedir. Bunun için sabit eksen etrafında dönme hareketini oluşturan kuvveti kullanarak tork'un nasıl hesaplandığının ve eylemsizlik momenti eşitliğinin bilinmesi gerekir. Ayrıntılar için **Dönme Dinamiği Aygıtının Kullanımı İle İlgili Bilgiler** başlıklı bölümü inceleyiniz.

DENEYİN YAPILIŞI

AÇISAL HIZ:

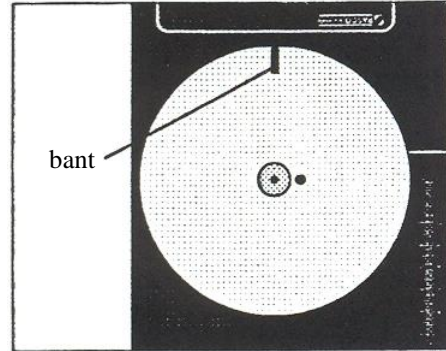
- 1) Şekil 1 de gösterildiği gibi deney düzeneği hazırlanmıştır. Bunun için üstte çelik diskler kullanılmıştır.
- 2) Adaptör bağlantılarını yapınız, böylece dijital göstere açılır. Anahtarı UPPER (üst) konumuna getiriniz. Böylece üstteki diskin optik okuyucu tarafından kontrol edilmesi sağlanmış olur. Daha sonra hava kompresörünün fişini takınız.



Şekil 1. Deney Düzeneği

- 3) Deney düzeneğinde alttaki disk için vana mili, alt disk subap yuvasına (bottom disk valve) yerleştirilmiştir. Bu durumda alttaki disk üst disk ile beraber dönecektir. Böylece dönen cismin kütlesi $M_{alt}+M_{üst}$ olacaktır.

- 4) Üstteki diskin üzerine, kenara yakın herhangi bir yere bir parça bant yapıştırılmıştır (Şekil 2). Bant diskin dönme sayısını belirlemenizde size yardımcı olası amacı için kullanılmaktadır.



Şekil 2. Bantın Yapıştırılması

- 5) Üstteki diske, diskin yanal yüzeyine dokunarak hafif bir itme ile yumuşak bir dönme veriniz, öyle ki dijital göstergeden 100 veya 200Hz arasında herhangi bir değer okunsun. 200'ü geçiyorsa diski durdurup yeniden deneyiniz.
- 6) Kendinizi hazır hissettiğinizde göstergenin ilk değerini (R_i) kaydediniz ve bu andan itibaren kronometreyi çalıştırınız, aynı zamanda işareti (bant) takip ederek size verilen diskin tam dönüş sayısı ($N=20$) değerine ulaştığınızda kronometreyi durdurunuz.
- 7) Kronometreye bastığımız andaki gösterge değerini (R_s) ve kronometrenin gösterdiği zamanı tabloya kaydediniz.

8) 5 ile 7. adımlarda yaptığınız işleri N=30, 40 ve 50 için tekrarlayınız ve sonuçlarınızı tabloya kaydediniz.

AÇISAL İVME

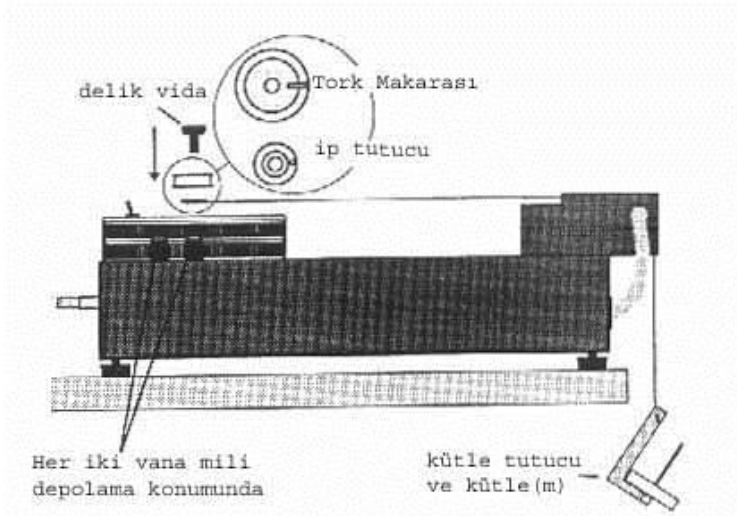
1) Şekil 3 deki düzenek laboratuvar sorumlularınca hazırlanacaktır. Bunun için küçük tork makarası ($r=1.27\text{cm}$) ve üstte de çelik diski kullanılacaktır, alt disk için vana mili depolama konumuna (storage position) yerleştirilmiştir. Bu durumda alttaki disk taban düzlem üzerinde sabit duracak ve yalnız üsteki çelik diskin dönmeye izin verilmiş olacaktır. Tork makarası bağlantısında ise ortası delik vida kullanılmıştır.

2) Kütle tutucuya 5g kütle yerleştirilmiştir. Böylece kütle tutucu ile tutucuya takılan kütle toplamı 10g olur (kütle tutucunun kütleinin 5g olduğunu hatırlayınız). Deney düzeneği ipin gerginken kütleinin yere yakın olduğu konumda sizin için hazırlanmış olacaktır.

3) Kütle tutucu ve asılı kütleinin toplamı m , tork makarasının yarıçapı r ve dönen diskin kütlesi M yi raporlarınızda ilgili tabloya kaydediniz.

4) Hava kompresörünün fişini takınız.

5) Yalnız üsteki çelik diskin dönüyor olduğunu kontrol ediniz.



Şekil 3. Açısal İvmenin Ölçülmesi İle İlgili Deney Düzeneği

Kütle tutucu ve uygulanan kuvvet yardımı ile diskin ivmesinin bulunması;

6) Kütle tutucuyu hava makarasına yaklaşacak şekilde ipi tork makarasına sarınız.

7) Gösterge değeri sıfır oluncaya kadar diski tutunuz.

8) Diski serbest bırakınız. Disk dönerken, dönmeye başladığı andan itibaren ard arda, gösterge değerlerini (R_1-R_{10}) kaydetmeniz gerekiyor. Kaydetme işlemi sırasında göstergedeki ilk değeri almayınız. Bundan sonra kütle tutucu aşağıya ininceye kadar kaç değer okunabiliyorsa o sayıda

R_i değerlerini ilgili tabloya (Tablo 2) kaydediniz Kütle tutucu yükselirken değer almayı bırakınız.

9) 6., 7. ve 8. adımları kütle tutucuya sırasıyla 10, 20 ve 25g kütleleri asarak tekrarlayınız.

nemli not: tabloya kaydedeceğinin ‘ m ’ kütlesi için kütle tutucunun kütlesini eklemeyi unutmayınız.

VERİLERİN ÇÖZÜMLENMESİ

nemli Not: *Hesaplamalarınızda CGS birim sistemini kullanınız.*

AÇISAL HIZ

1) Elde edilen verileri kullanarak toplam açısal yer değiştirme θ açısını radyan cinsinden hesaplayınız. t süresince dönen disk için $\theta = 2\pi N t$ dir. Buradan t zaman süresi için diskin ortalama açısal hızı ω_{ort} yı belirleyiniz (Eř. 3).

1) t süresince göstergeden okunan R değerlerinin ortalamasını hesaplayınız:

$$R_{ort} = \frac{R_s + R_i}{2}$$

3) Hesaplanan değerleri kullanarak κ sabitini belirleyiniz; κ ortalama açısal hız ve okunan R değerlerin ortalaması ile ilgili deneysel bir sabittir ($\omega_{ort} = \kappa R_{ort}$).

5) Elde edilen verileri kullanarak $\omega_{ort} = f(R_{ort})$ grafiğini çiziniz. Grafikten de κ değerini elde ediniz.

Dönme dinamiği aygıtının optik okuyucusu, bir saniyede geçen siyah çizgilerin sayısını verir. Bu değer göstergede okunan sayıdır. Bu bilgiyi kullanarak κ değerini belirleyiniz. Bunun için

a) Diskin çevresindeki siyah çizgilerin sayısını (n) belirleyiniz. (izgileri sayabilirsiniz; bir santimetreye düşen çizgi sayısını belirleyebilir ve diskin çevresi ile çarparak bulabilirsiniz; ya da herhangi bir başka yöntem kullanabilirsiniz. (**Dönme Dinamiği Aygıtının Kullanımı İle İlgili Bilgiler** bölümüne bakınız.)

b) 2π yi elde ettiğiniz çizgi sayısı n' e bölerek optik okuyucu ile okunan her çizgi için diskin radyan olarak dönmesini belirleyin. Bu κ değeridir. Bu bilginin doğruluğunu ilgili eşitlikte ($\omega_{ort} = \kappa R_{ort}$) birim analizi yaparak gösteriniz.

c) Deneysel ve hesaplama yolu ile elde edilen κ değerlerini birbirleri ile karşılaştırmız. Eşitler mi? Değilse hangi değerler birbirine yakındır?

AÇISAL İVME VE TORK

Göstergeden ard arda okunan değerler arasında geçen süre $2s$ dir. Buna göre; okunan her değeri açısal hıza çevirmek için $\omega_i = \kappa R_i$ eşitliğini kullanınız ve her zaman aralığı için (5) bağıntısını kullanarak ortalama açısal ivmeyi hesaplayınız. Örneğin α_2 nin hesaplanması;

$$\alpha_2 = \frac{\omega_3 - \omega_2}{t_3 - t_2} \text{ burada } t_3 - t_2 = 2s \text{ dir.}$$

veya $\omega_i = \kappa R_i$ olmak üzere,

$$\alpha_2 = \frac{\kappa R_3 - \kappa R_2}{t_3 - t_2} = \frac{\kappa(R_3 - R_2)}{t_3 - t_2} \text{ burada } t_3 - t_2 = 2s \text{ dir.}$$

Hesaplamalarınızda bu ikinci ifadeyi kullanırsanız zaman kazanırsınız.

Bu son ifadeden yararlanarak m kütlesi (kütle tutucu ve asılı kütle) için elde ettiğiniz verileri deney raporundaki ilgili tablolara doldurunuz (örnek: Tablo 2). Her bir niceliğin birimlerini ilgili boşluklara yazmayı unutmayınız.

Tabloları doldurduktan sonra aşağıda verilen işlemleri yapınız:

1. Açısal ivme α nın ortalama değerini hesaplayınız ve Tablo 3 e kaydediniz. Aynı zamanda her α için m , r ve M değerlerini de kaydediniz.

$$\alpha_{ort} = \frac{\sum_{i=1}^k \alpha_i}{k}$$

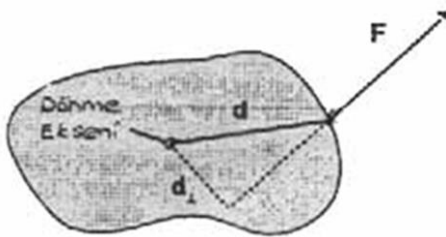
burada k , değer sayısıdır.

- 2) Dönen diskin eylemsizlik momentini hesaplayınız ve kaydediniz (Tablo 3). Diskin eylemsizlik momenti

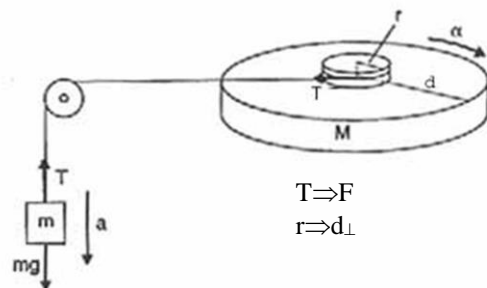
$$I = \frac{1}{2} M d^2$$

dir. Bu ifadeye M dönen diskin kütlesi, d ise yarıçapıdır. (Değerler araçlar kısmında verilmiştir)

- 3) Dönme dinamiğinde, tork olarak adlandırılan nicelik, çizgisel dinamiğin kuvvet niceliğine karşı gelir. Şekil 4 tork'un (τ) nasıl ölçüleceğini göstermektedir. Cismin dönme ekseninden d mesafesinde F kuvveti uygulandıysa, $\tau = Fd_{\perp}$ şeklinde hesaplanır. Burada d_{\perp} , d vektörünün, uygulanan kuvvete dik bileşenidir. Buna göre τ kavramının sonuçlarınızla ilişkisi nedir? Tartışınız. Örneğin; deney koşulunda F hangi niceliklere bağlıdır? d_{\perp} neye karşı gelmektedir? (**Dönme Dinamiği Aygıtının Kullanımı İle İlgili Bilgiler** bölümüne bakınız.)



Tork Diyagramı



Deneydeki Karşılığı

Şekil 4. Tork diyagramı ve deneyde karşılığı olan diyagram

4) $I\alpha$ ve τ hesaplayınız, kaydediniz. **Not:** $m \ll M$ olduğundan $\tau = mgr$ bağıntısından hesaplanır. Burada m asılı kütle, g yerçekimi ivmesi, r tork makarasının yarıçapıdır.

5) τ ve $I\alpha$ arasında bir benzerlik var mı? Ölçümlerinizin duyarlılık sınırları içinde, deney çalışmanızda $\tau = I\alpha$ mıdır? Tartışınız.