

DENEY 3

STATİK SÜRTÜNME KATSAYISININ BELİRLENMESİ

Süleyman Demirel Üniversitesi

Fen Edebiyat Fakültesi

Fizik Bölümü

Isparta-2020

Amaçlar:

1. Eğik düzlem üzerinde bulunan bir cisim için, F_y normal kuvveti ve eğik düzleme paralel F_x kuvvetinin, eğim açısının (θ) bir fonksiyonu olarak ölçülmesi
2. Eğik düzlem üzerinde statik sürtünme kuvveti ve düzleme paralel F_x kuvveti arasındaki dengeden yararlanarak, statik sürtünme katsayısı μ 'nün hesaplanması

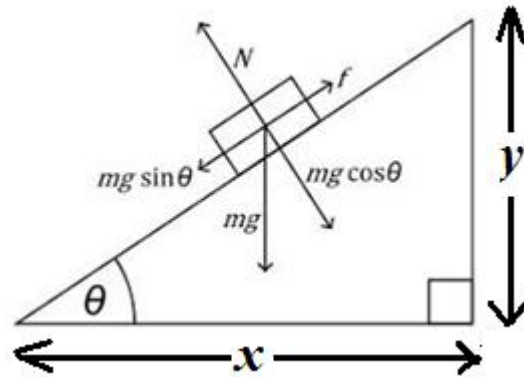
Kuramsal Bilgi:

Eğik düzlem üzerindeki m kütleli cisim üzerine bir dış kuvvet etki etmiyor ise, cisim kendi ağırlığı etkisi ile hareket edebilir. Cismin ağırlığının F_x ve F_y bileşenleri ele alındığında, eğik düzlemin üzerindeki hareket F_x bileşeni tarafından gerçekleştirilirken, harekete etkiyen sürtünme kuvvetinin büyüklüğünü de F_y belirler. Şekil 1'deki m kütleli cisim F_x kuvvetinin etkisi ile eğik düzlemde aşağıya doğru çekilir. Ayrıca $G = mg$ olduğundan, m kütleli cisme etkiyen yerçekimi kuvvetinin eğik düzleme paralel ve dik bileşenleri,

$$F_x = mg \sin \theta \quad (1)$$

$$F_y = mg \cos \theta \quad (2)$$

eşitlikleri ile ifade edilir (Şekil 1).



Şekil 1. Eğik düzlemdeki m kütleli bir cismin hareketi

Sürtünme kuvveti f ; 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;

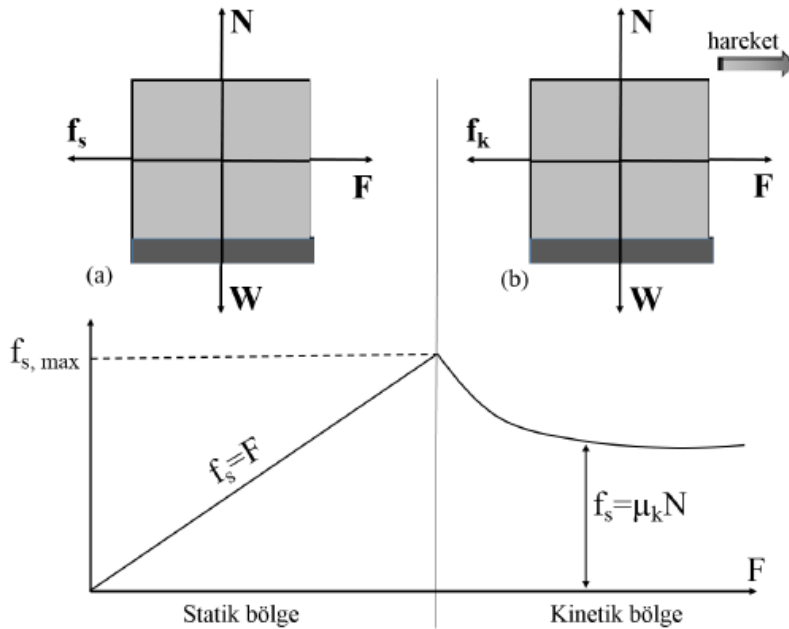
1) Statik sürtünme ya da tutunma sürtünmesi; duran bir cismi, hareket etmeye zorlayan bir kuvvet olması durumunda, cismin hareket etmesini engelleyen, cisim ile dış yüzeyler arasındaki etkileşmeden kaynaklanan kuvvettir. Alabileceği en yüksek değer, cisimi ancak harekete geçirmek için üzerinde bulunduğu 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,

$$f \leq N \cdot \mu \quad (3)$$

dir. Burada μ sürtünen yüzeylerin cinsine ve fiziksel durumuna bağlı olup "sürtünme katsayısı" adını alır. Sürtünme kuvveti sürtünen yüzeylerin büyüklüğünden bağımsızdır.(3) 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.



Şekil 2. Statik ve kinetik sürtünme kuvvetlerinin uygulanan dış kuvvetle ilişkisi.

Şekil 2'de bir F dış kuvveti uygulanarak yatay bir düzlemde harekete zorlanan bir bloğa kaymaya başlamadan önce ve sonra eşlik eden sürtünme kuvvetleri gösterilmektedir. Şekil 2 a'da, uygulanan F kuvvetin büyüklüğünde bloğu hareket ettirmeye yeterli olmadığı durum incelenmektedir. Bu durumda bloğun hareketini önleyen sürtünme kuvveti statik sürtünme kuvveti ve eşlik eden katsayı statik sürtünme katsayısı (μ_s) olarak adlandırılır. Blok dengede olduğu sürece $f_s = F$ 'dir. Eğer bloğa etki eden F kuvvetinin büyüklüğü arttırılırsa blok sonunda hareket etmeye başlayacaktır (Şekil 2). Blok tam kayma sınırında iken statik sürtünme kuvveti maksimum değerine sahip olur. F kuvveti bu değeri aştığı zaman blok sağa doğru hareket edecektir. Hareketli bloğa etkiyen sürtünme kuvvetine ise kinetik sürtünme kuvveti ve eşlik eden katsayıya kinetik sürtünme katsayısı (μ_k) denir. Yatay düzlem boyunca dengelenmemiş olan $F - f_k$ net kuvveti sayesinde ivmeli bir hareket gözlenecektir. $f_k = F$ olduğu durumda ise blok sabit hızla hareket edecektir. Eğer blok üzerine uygulanan dış kuvvet kaldırılırsa bloğa etkiyen tek kuvvet kinetik sürtünme kuvveti olacağından blok bir süre sonra duracaktır. Sürtünme kuvvetleri üzerine yapılan deneylerden elde edilen bazı sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1. Sürtünme kuvvetinin büyüklüğü, normal kuvvet (N) ve sürtünme katsayısıyla doğru orantılıdır.
2. Temas halindeki iki yüzey arasında oluşan statik sürtünme kuvveti, yüzeylerden birisini hareket ettirmek üzere uygulanan dış kuvvetle zıt yönlüdür ve büyüklüğü $f_s \leq \mu N$ ifadesiyle verilir. Tam kayma anında bu eşitsizlik eşitliğe dönüşür ve bu anda statik sürtünme kuvveti en büyük değerine ulaşır. Harici durumda blok statik bölgede kalmaya devam edecektir.
3. Hareketli bir cisme etki eden kinetik sürtünme kuvveti daima cismin hareketine zıt yönelir ve büyüklüğü $f_s = \mu_k N$ ile verilir.
4. Statik ve kinetik sürtünme katsayılarının değerleri yüzey özelliklerine bağlı olmakla birlikte, genellikle $\mu_k < \mu_s$ eşitsizliği geçerlidir.

Şekil 1 de eğik düzlemdeki cisim, üzerinde bulunduğu düzlemin yatayla yaptığı açı belli bir θ değerine gelince harekete başlar. Tam bu anda cisme etkiyen ağırlığın yüzeye yatay bileşeni olan $F_x = mg \sin \theta$ kuvveti, $F_y = N = mg \cos \theta$ kuvvetiyle orantılı olan sürtünme kuvvetine yani $f = \mu_s N = \mu_s mg \cos \theta$ ne eşit olur. Böylece,

$$F_x = f$$

$$mg \sin \theta = \mu_s mg \cos \theta$$

den

$$\mu_s = \tan \theta = \frac{y}{x} \quad (4)$$

elde edilir.

Deneyin Yapılışı

1. Eğik düzlem düzeneği kapalıyken cismi düzlemin en uç noktasına hizalayarak yerleştirilir.
2. Düzeneğin ayarlanabilir ucuna yavaşça yükseltmeye başlanır. Bu aşamada bloğun tam hareket etmeye başladığı açıyı yakalayabilmek amacıyla yükseltme işlemini mümkün olduğu kadar düzgün ve yavaş gerçekleştirilir.
3. Blok harekete tam başladığı anda kilitleme düzeneğini kullanarak eğik düzlemi sabitlenir.
4. Eğik düzlem sabitlenmiş haldeyken x ve y mesafelerini ölçerek aşağıdaki çizelgeye kaydedilmiştir.

x(cm)	y(cm)	$\mu_s = y/x$
30.0	29.1	
30.0	28.8	
30.0	29.2	
30.0	27.9	
30.0	28.1	

Uygulama Soruları

1. Her bir deneyiniz için (her farklı cisim için) statik sürtünme katsayısını hesaplayınız. (Kolaylık olması açısından x mesafesi bir kez ölçülerek işaretlenmiş. Böylece izleyen denemelerde sadece y mesafelerinin ölçülmesi yeterli olmuştur).
2. Sürtünme katsayısının standard sapma hatasını hesaplayınız.
3. Sürtünme kuvvetlerinin etkileri azaltılabilir mi?
4. Sürtünme katsayısının birimi nedir? 1'den büyük olabilir mi?
5. Statik sürtünme ve kinetik sürtünme nedir? Açıklayınız.

Simulasyon gösterimi; <https://phet.colorado.edu/sims/cheerpi/motion-series/latest/motion-series.html?simulation=ramp-forces-and-motion>