Massachusetts Teknoloji Enstitüsü-Fizik Bölümü

Fizik – 8.01 **Ödev # 3** **Güz, 1999**

ÇÖZÜMLER

Dru Renner

Problem 3.1

Parçacığın kütlesi m=6.0 kg olsun. Buna etki eden iki kuvvet (Newton biriminde)

$$\vec{F}_1 = 2\hat{x} - 5\hat{y} + 3\hat{z} \text{ ve } \vec{F}_2 = -4\hat{x} + 8\hat{y} + \hat{z}$$

(a) Net kuvvet, iki vektörün vektörel toplamıdır.

$$\vec{F}_{net} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = -2\hat{x} + 3\hat{y} + 4\hat{z}$$

(b) İvme Newton'un ikinci kanunundan bulunur.

$$\vec{a} = \frac{1}{m}\vec{F}_{net} = -\frac{1}{3.0}\hat{x} + \frac{1}{2.0}\hat{y} + \frac{2}{3.0}\hat{z}$$

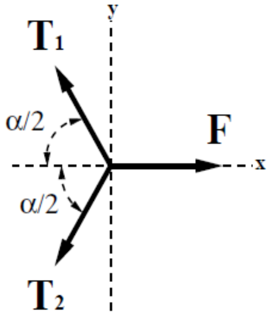
İvmenin büyüklüğü şu şekilde verilir.

$$|a| = \frac{1}{6.0}\sqrt{29} \approx 0.90\,\mathrm{m/s^2}$$

Kütlenin m=6.0 kg ve kuvvetin Newton olarak verildiğini biliyoruz. Böylece değerleri tek kelimeyle yerine koyarsak cevap olarak m /s^2 biriminde olacaktır.

Problem 3.2

α=120° geniş açı, T_1 ipin üst yarısındaki gerilme, T_2 ipin alt yarısındaki gerilme ve F=180 N okçunun yay ipine uyguladığı kuvvet olsun. Okçu ipin ortasından çektiği için aşağıdaki şekil simetriktir.



y-yönündeki denge şu şartı verir.

$$T_1 \sin(\frac{\alpha}{2}) - T_2 \sin(\frac{\alpha}{2}) = 0 \qquad \Rightarrow \qquad T_1 = T_2 = T$$

Burada T ister T_1 ya da T_2 dir. y-yönündeki denge ise şu şartı verir.

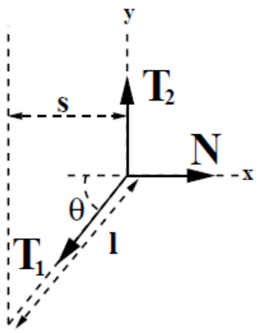
$$F - T\cos(\frac{\alpha}{2}) - T\cos(\frac{\alpha}{2}) = 0 \qquad \Rightarrow \qquad T = \frac{F}{2\cos(\frac{\alpha}{2})}$$

Böylece ipin her iki yarısındaki gerilmelerin değeri şu şekilde olur

$$T_1 = T_2 = \frac{180}{2\cos(60)} = 180\,N$$

Problem 3.3

N, *l* ve s problemdeki gibi tanımlansın ve T_1 kablonun alt kısmındaki T_2 ise kablonun alt kısmındaki gerilme olsun. Kablonun üst kısmının sonsuz uzunlukta olduğunu varsayarsak, üst kabloyu düz bir doğru şeklinde çizebiliriz.



(a) Şekilde görüldüğü üzere θ açısı şu şekilde verilir

$$\cos(\theta) = \frac{s}{l}$$

y-yönündeki denge şunu verir.

$$T_2 - T_1 \sin(\theta) = 0 \qquad \Rightarrow \qquad T_2 = T_1 \sin(\theta)$$

x-yönündeki denge ise şunu verir.

$$N - T_1 \sin(\theta) = 0 \qquad \Rightarrow \qquad T_2 = \frac{N}{\cos(\theta)}$$

Yukarıdaki cosθ ilişkisini kullanırsak şunu elde ederiz

$$T_1 = \frac{N}{\frac{s}{l}} = N(\frac{l}{s})$$

Cosθ ilişkisi ve $\sin(\theta) = \sqrt{1-\cos^2(\theta)}$ bağıntısı ise bize şunu verir.

$$T_2 = N(\frac{l}{s})\sqrt{1-\left(\frac{s}{l}\right)^2}$$

$s\langle\langle l$ (veya $\frac{s}{l}\langle\langle 1$) limitinde, yukarıdaki $\sqrt{1-\left(\frac{s}{l}\right)^2}$ terimi 1 olur. Böylece T_2

$$T_2 = N(\frac{l}{s}) = T_1$$

olur.

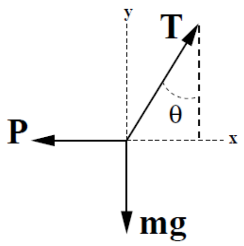
(b) Şimdi s= 2cm, l=1.5m ve N= 150Newton olduğunu kabul edelim. Bu durumda gerilim

$$T = 150(\frac{1.5x10^{2}}{2.0}) = 1.1x10^4\ N$$

olur.

Problem 3.4

m=2000kg, *l*= 12 m, F=1800N, T kablodaki gerilim ve θ kablonun dikeyle yaptığı açı olsun.



y-yönündeki denge şunu verir

$$T\cos(\theta) - mg = 0 \qquad \Rightarrow \qquad T = \frac{mg}{\cos(\theta)}$$

x-yönündeki denge ise şunu verir

$$T\sin(\theta) - F = 0 \qquad \Rightarrow \qquad T = \frac{F}{\sin(\theta)}$$

Bu iki denklemi birleştirirsek

$$\tan(\theta) = \frac{F}{mg}$$

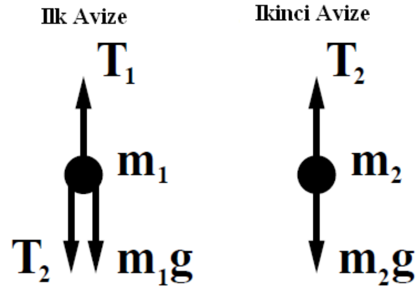
elde ederiz. Bu bize θ değerini şu şekilde verir.

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{F}{mg}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{9}{(10)(9.8)}\right) \approx 5.2^{\circ}$$

l uzunluğunun hiç kullanılmadığına dikkat ediniz.

Problem 3.5

m_1=10kg, m_1=3kg, T_1 birinci kablodaki gerilim ve T_2ikinci kablodaki gerilim olsun.



Birinci m_1 kütlesi için denge şartı şunu verir.

$$T_1 - m_1g - T_2 = 0 \qquad \Rightarrow \qquad T_1 = m_1g + T_2$$

m_2 kütlesinin denge şartı ise sunu verir.

$$T_2 - m_2g = 0 \qquad \Rightarrow \qquad T_2 = m_2g$$

Bu iki denklemi birleştirirsek şunu elde ederiz

$$T_2 - m_2g \;= 3g \;\approx\; 29.4 \text{ N}$$

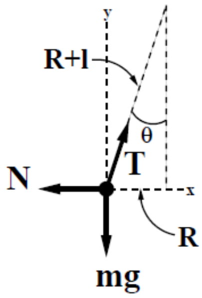
ve

$$T_1 = m_1 g + m_2 g = (m_1 + m_2) g = 13g \approx 127.4 \text{ N}$$

Eğer m ve m_2 kütlesinin her ikisini de tek bir cisim olarak düşünmüş olsaydık, yine bu son bulduğumuz T_1 cevabınıi bulmuş olacaktık.

Problem 3.6

m, R, *l* ve N problemdeki gibi tanımlansın ve T kablodaki gerilim, θ kablo ile duvar arasındaki açı olsun.



Bu problemi çözebilmek için, topa uygulanan bütün kuvvetlerin topun merkezinde olduğunu düşünelim. Böylece topun şekli, kablonun uzunluğunun sonuçta R+*l* olması durumu haricinde önemsizdir. Trigonometri yardımıyla θ açısı şu şekilde bulunur

$$\sin(\theta) = \frac{R}{R+l}$$

y-yönündeki dengeden şunu verir.

$$T\cos(\theta) - mg = 0 \quad \Rightarrow \quad T = \frac{mg}{\cos(\theta)}$$

x-yönündeki denge ise şunu verir

$$T\sin(\theta) - N = 0 \quad \Rightarrow \quad N = T\sin(\theta)$$

Bu iki denklemin birleştirilmesinden şu elde edilir.

$$N = \frac{mg\sin(\theta)}{\cos(\theta)}$$

Yukarıdaki $\sin(\theta)$ denklemini ve $\cos(\theta) = \sqrt{1-\sin^2\theta}$ olması gerçeğini kullanarak şu elde edilir.

$$N = \frac{m\,g\sin(\theta)}{\sqrt{1-\sin^2\theta}}$$

$$= \frac{m\,g\,(\frac{R}{R+l})}{\sqrt{1-(\frac{R}{R+l})^2}}$$

$$= \frac{m\,g}{\sqrt{(\frac{R}{R+l})^2-1}}$$

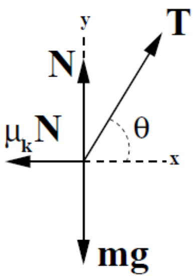
$$= \frac{m\,g}{\sqrt{(\frac{l}{R})^2+2(\frac{l}{R})}}$$

Bu son ifade $l \to \infty$ limitini bulmak için uygundur. *l*' nin sadece *l*/R kombinasyonu şeklinde geldiğine dikkat ediniz. Bu nicelik boyutsuzdur, yani bir birimi yoktur. Boyutsuz bir niceliği kullanmak, problemimizde ne kadar büyük veya küçük olduğunu anlamamıza yardımcı olur. Bu problem için büyük *l* limiti, *l*' nin R nin çok katı olduğunu ifade eder. $l \to \infty$ limiti açıkça görüldüğü üzere

$l \to \infty$ için N=0

Problem 3.7

m, θ ve μ_k tanımlandığı gibi olsun ve T kablodaki gerilim, N'de kutudaki normal (yüzeye dik) kuvvet olsun.



y-yönündeki denge şunu verir.

$$N + T\sin(\theta) - mg = 0 \qquad \Rightarrow \qquad N = mg - T\sin(\theta)$$

x-yönündeki denge ise şunu verir.

$$T\cos(\theta) - \mu_k N = 0 \qquad \Rightarrow \qquad N = \frac{T\cos(\theta)}{\mu_k}$$

Her iki denklemin birleştirilmesinden şu elde edilir.

$$T = \frac{\mu_k mg}{\cos(\theta) + \mu_k \sin(\theta)}$$

T 'nin minimum değeri θ_{min} da vuku bulur.

$$\frac{dT}{d\theta} = (-1)\frac{\mu_k mg}{[\cos(\theta_{min}) + \mu_k \sin(\theta_{min})]^2}[-\sin(\theta_{min}) + \mu_k \cos(\theta_{min})] = 0$$

Olması θ_{min} için bir denklem verir.

$$-\sin(\theta_{min}) + \mu_k \cos(\theta_{min}) = 0 \qquad \Rightarrow \qquad \tan(\theta_{min}) = \mu_k$$

Yukarıdaki $\tan(\theta_{min})$ denklemini ve $\cos(\theta) = \sqrt{\frac{1}{1+\tan^2\theta}}$ olması gerçeğinden yararlanarak

$$\begin{aligned} T_{min} &= \frac{\mu_k mg}{\cos\theta_{min} + \mu_k \sin\theta_{min}} \\ &= \frac{\mu_k mg}{\cos\theta_{min}(1+\mu_k \tan\theta_{min})} \\ &= \frac{\mu_k mg}{\sqrt{\frac{1}{1+\tan^2(\theta_{min})}}(1+\mu_k \tan\theta_{min})} \\ &= \frac{\mu_k mg}{\sqrt{\frac{1}{1+\mu_k^2}}(1+\mu_k^2)} \end{aligned}$$

Elde edilir. Böylece, minimum gerilme için son sonuç

$$T_{min} = \frac{\mu_k mg}{\sqrt{\mu_k^2 + 1}}$$

Şeklinde olur.

Problem 3.8

Deneyin ilk kısmında, Profesör Lewin bir eğik düzlem üzerine tahta bir kutu koydu ve kutunun kaymaya başladığı andaki açıyı ölçtü. Bu yüzden, statik kuvvetin kutuyu zar zor tutabildiği noktayı belirlemek istiyoruz. Eğer eğik düzlemin yatayla yaptığı acıya θ dersek, bu durumda kutunun kaydığı kritik θ_c açısı, statik sürtünme kuvvetini maksimum değerine eşitleyerek ($F_s = \mu_s N$, burada N normal kuvvet) ve bütün kuvvetleri dengeleyerek bulunur.

Eğik düzleme dik yöndeki denge şartı şunu verir

$$N - mg\cos\theta = 0$$

Eğik düzleme paralel yöndeki denge ise şunu verir.

$$F_s - mg\sin\theta = 0$$

θ_c açısında, kutu henüz kaymaya başlıyor, bu yüzden de statik sürtünme kuvveti maksimumdur.

$$F_s = \mu_s\ N$$

Bu denklemleri birleştirirsek μ_s için şu sonucu elde ederiz

$$\mu_s = \tan\theta_c$$

Derste gösterilen sonuçlardan ve μ_s'in hesaplanan değerlerinden

Ders Saati	**Kritik Açı, θ_c**	μ_s
10:00	$20^\circ \pm 2^\circ$	0.36 ± 0.04
11:00	$18^\circ \pm 2^\circ$	0.32 ± 0.04

Hataların hesaplamaları şu şekilde olur.

$$\delta\mu_s = \tan(20^\circ + 2) - \tan 20^\circ \ \approx 0.04$$

$$\delta\mu_s = \tan(18^\circ + 2) - \tan 18^\circ \ \approx 0.04$$

Deneyin ikinci kısmında, Profesör Lewin tahta kutuyu, m_1 olarak adlandıralım, makara yardımı ile başka bir kütle, m_2 olarak adlandıralım, ile birleştirdi. m_2 nin değeri, m_1 kaymaya başlayana kadar artırıldı. Bu, statik sürtünmenin artık hareketi engelleyemediği zaman karşılık gelir. Bu, eğik düzlem yönünde m_1 üzerindeki kütle çekim kuvveti ($m_1 g\sin\theta$), gerilim ($m_2 g$) ve maksimum statik sürtünme kuvvetinin (($\mu_s m_1 g\sin\theta$), burada $m_1 g\sin\theta$, normal kuvvettir) birbirlerini dengelediği zaman oluşur. Bunun detaylı açıklaması için problem 3.12'ye bakınız. İlgili denklem (3) üncü denklemdir.

$$m_2 g = m_1 g\sin\theta + \mu_s m_1 g\cos\theta$$

m_1 kütlesi harekete henüz başladığı için > işareti = işareti ile yer değiştirilir. Yukarıdaki denklemden μ_s i elde edersek

$$\mu_s = \frac{m_2 - m_1 \sin\theta}{m_1 \cos\theta}$$

elde edilir. Derste θ açısı $\theta = 20^\circ \pm 1^\circ$ 'de sabit tutulmuştu, m_1 kütlesi m_1= 361+1g idi. Derste gösterilen sonuçlardan ve μ_S 'in hesaplanan değerlerini şu şekildedir.

Ders Saati	**Kritik Kütle, m_2**	μ_s
10:00	270 ± 25g	0.43 ± 0.10
11:00	245 ± 15g	0.36 ± 0.07

Hata hesaplamaları su şekilde olur

$$\delta\mu_s = \frac{(270+25)-(361-1)\sin(20-1)}{(361-1)\cos(20+1)} - \frac{270-361\sin 20}{361\cos 20} \approx 0.10$$

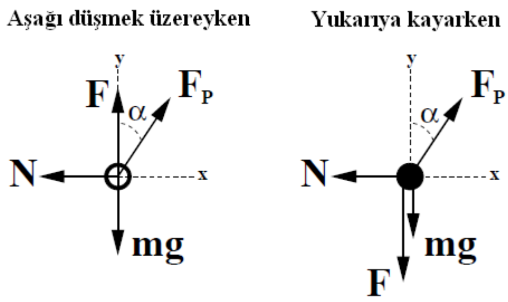
$$\delta\mu_s = \frac{(245+15)-(361-1)\sin(20-1)}{(361-1)\cos(20+1)} - \frac{270-361\sin 20}{361\cos 20} \approx 0.07$$

Bütün μ_S değerlerinin birbiriyle uyumlu olduğuna dikkat ediniz.

Problem3.9

m, μ ve α problemde tanımlandığı gibi olsun ve F sürtünme olsun. Ayrıca F_P ise kitaba karşı itme kuvvetiniz olsun.

(a) Her iki duruma ait serbest cisim diyagramları



(b) İlk önce kitabin aşağı düşmek üzere olduğu durumu düşünelim. Sürtünme kuvveti yukarı yöndedir ve şu şekilde verilir.

$$F = \mu N$$

y-yönündeki denge şunu verir.

$$\mu N + F_P \cos(\alpha) - mg = 0$$

x-yönündeki denge ise şunu verir

$$F_P \sin(\alpha) - N = 0 \qquad \Rightarrow \qquad N = F_P \sin(\alpha)$$

Bu her iki denklemi birleştirirsek şunu elde ederiz.

$$F_P = \frac{mg}{\cos(\alpha) + \mu \sin(\alpha)}$$

Şimdi ikinci olarak kitabin tam yukarı kaymaya başladığı anı düşünelim. Sürtünme kuvveti aşağı yöndedir ve su şekilde verilir

$$F = \mu N$$

y-yönündeki denge şunu verir.

$$F_P \cos(\alpha) - \mu N - mg = 0$$

x-yönündeki denge ise şunu verir.

$$F_P \sin(\alpha) - N = 0 \qquad \Rightarrow \qquad N = F_P \sin(\alpha)$$

Bu her iki denklemi birleştirirsek şunu elde ederiz.

$$F_P = \frac{mg}{\cos(\alpha) + \mu \sin(\alpha)}$$

(c) Duvar ve kitap arasında birbirlerine göre bağıl bir hareket yoksa, sürtünme sıfır olur. Bu ise F_P kuvvetinin yukarı yöndeki bileşeninin mg kuvvetini dengelemesini gerektirir, bu ise şu denklemi verir

$$F_P \cos(\alpha) - mg = 0 \qquad \Rightarrow \qquad F_P = \frac{mg}{\cos(\alpha)}$$

$\alpha = 0$ değeri için

$$F_P = \frac{mg}{\cos(0)} = mg$$

$\alpha = 0$ değeri için

$$F_P = \frac{mg}{\cos(90^\circ)} \to \infty$$

olur.

(d) O halde kitabi yukarı doğru kaymaya başlatabilmek için gerekli kuvveti bulabilmek için yukarıdaki denklemi inceleyelim

$$F_P = \frac{mg}{\cos(\alpha) - \mu \sin(\alpha)}$$

μ' yü artırırsak, payda küçülür ve böylece F_P büyür. Belli bir değerde (değere μ^* diyelim) payda sıfır olur ve kuvvet sonsuz olur. Bu ise sonsuz büyüklükte bir itme gerektirdiği için kitabi yukarı doğru kaydırmanın mümkün olmadığını gösterir. μ^* dan büyük μ değerleri için, kitabi yukarı kaydırmaya başlatmak için gerekli kuvvet negatif olur. Bunun açıkça fiziki bir manası yoktur ve denklem μ^* 'dan büyük μ değerleri için geçerli değildir.

$$\cos(\alpha) - \mu^* \sin(\alpha) = 0 \qquad \Rightarrow \qquad \mu^* = \frac{\cos(\alpha)}{\sin(\alpha)} = \frac{1}{\tan(\alpha)}$$

Bundan dolayı $\mu \geq \mu^*$ için, α açısında bir itme uygulayarak kitabı yukarı doğru kaydırmak mümkün değildir. $\mu \leq \mu^*$ için yukarıdaki denklemin sonlu F_P değeri verdiğini görüyoruz. Böylece eğer kitabı bu değerden daha büyük bir kuvvetle itersek, kitap yukarı doğru kaymaya başlayacaktır. Bu yüzden de $\mu \leq \mu^*$ için kitabı yeteri kadar kuvvet uygularsak, yukarı doğru kaydırmak mümkündür.

Problem 3.10

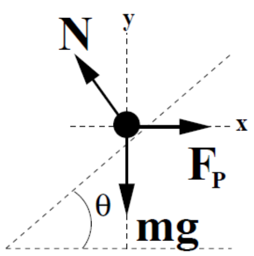
Jearl Walker'in "the Flying Circus of Physics" kitabındaki çözüm:

Lastikteki sürtünme kuvveti, asfaltla temas halindeki yüzey alanına bağlı değildir. Bu yüzden de geniş bir düz alan dar bir alan kadar etkilidir. Eğer lastikler genellikle drag (bir çeşit yarış) yarışlarında olduğu gibi yüzey üzerinde dönerlerse, bu durumda geniş lastikler ısınacak olan daha geniş yüzey alanına sahip olur böylece daha erimesi zorlaşır. Erime genellikle sürtünme kuvvetini azaltır.

Problem3.11

m = 60kg, θ = 30°, F_P kadının çekmiş olduğu kuvvet ve N' de kutudaki normal (yüzeye dik) kuvvet olsun. Bu problemde sürtünme yoktur.

(a)



(b) Kutunun durmuş olduğunun veya düzgün doğrusal bir hareket yapmış olduğunu varsaymak, onun üzerinde herhangi net bir kuvvetin olmadığını gösterir. Bu durumda y-yönündeki denge şunu verir.

$$N\cos(\theta) - mg = 0 \qquad \Rightarrow \qquad N = \frac{mg}{\cos(\theta)}$$

x-yönündeki denge ise şunu verir.

$$F_P - N\sin(\theta) = 0 \qquad \Rightarrow \qquad F_P = N\sin(\theta)$$

Bu iki denklemi birleştirirsek şunu elde ederiz.

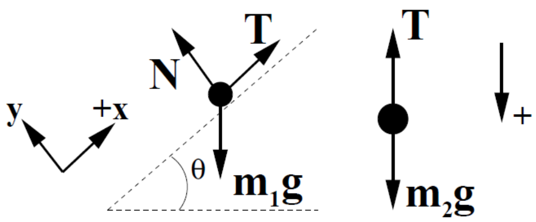
$$F_P = mg\tan(\theta)$$

Kutu üzerinde etki eden üç kuvvet vardır. Bunların büyüklükleri şu şekilde olur

$$mg = 60g \approx 588\,N$$
$$F_P = mg\tan(\theta) = 60g\tan(30^\circ) \approx 339\,N$$
$$N = \frac{mg}{\cos(\theta)} = \frac{60g}{\cos(30^\circ)} \approx 679\,N$$

Problem 3.12

m_1 =15kg, m_2 = 3kg, θ = 35°, μ_k = 0.4, T ipteki gerilim ve N, m_1 kütlesi üzerindeki normal kuvvet olsun. a her iki kütlenin de ivmesi olsun.



Bu problem derste detaylı bir şekilde incelenmiştir, özellikle de statik sürtünme katsayısının hesaplanabilmesini sağlayan bir gösterimi de içermiştir (problem 3.8).

İlk olarak ipteki gerilmenin her yerde aynı olduğunu fark etmelisiniz. Bu sadece (1) ipin kütlesiz olması (2) makaranın kütlesiz olması ve (3) makaranın sürtünmesiz olarak dönmesi durumunda doğrudur. İlerde sonlu bir kütlesi olan makaralarla ilgileneceğiz ve bu durumda makaranın sağı ile solundaki gerilmelerin farklı olduğunu göreceğiz.

Kuvvetler şekilde gösterilmektedir. Sürtünme kuvvetini henüz şekilde göstermediğimi görüyorsunuz. m_1 ve m_2 değerleri verilince ve sadece μ_k‘ den bahsedilirse (μ_s değil), m_1‘ in yukarı yönde ivmeleneceği hakkında şüphe oluşur. Eğer öyle olduğunu varsayarsak ilerlememiz kolay olur. Simdi sürtünme kuvvetinin maksimum, değerinin $\mu_k N$ ve yönünün T‘ ye zıt yönde (bu benim gösterimimde –x yönüdür) olduğunu biliyoruz. m_1’ in y-yönünde bir ivmesi olmadığı için, hemen şunu bulabilirsiniz.

$$N = m_1 g \cos\theta$$

böylece birinci cisim için bunu elde ederiz

$$T - m_1 g \sin\theta - \mu_k m_1 g \cos\theta = m_1 a \qquad (1)$$

İkinci cisim içinse bunu elde ederiz

$$m_2 g - T = m_2 a \qquad (2)$$

T ve dolayısıyla a değerlerini bulabilirsiniz, a değeri şu şekilde bulunur

$$a = \frac{g\left[m_2 - m_1(\sin\theta + \mu_k \cos\theta)\right]}{m_1 + m_2} \approx 0.37\,g \approx 3.6\ m/s^2$$

Eğer hareket hakkında önceden bilgimiz yoksa, bu durumda üç ihtimal vardır. (1) m_1 yukarı yönde ivmelenir (2) m_2 aşağı yönde ivmelenir (3) ivmelenmez, m_1 ve m_2 dururlar. Buna karar verebilmek için statik sürtünme katsayısını bilmeliyiz. Derste çıkartıldığı üzere eğer

$$m_2 g > m_1 g \sin\theta + \mu_s m_1 g \cos\theta \qquad (3)$$

İse 1) inci durum olur,

$$m_2 g > m_1 g \sin\theta - \mu_s m_1 g \cos\theta \qquad (4)$$

İse, 2) inci durum olur.

Eğer 1) inci ve 2)inci durumun gerçekleşmediği durumda ise 3) ünci durum oluşur. (Bu durumda sürtünme kuvveti maksimum değerinden daha azdır). +x veya –x yönünde olabilir, hatta sıfır bile olabilir. Örneğin, 1) inci şart gerçekleştiği zaman ilerleyebilirisiniz. Fakat cismin hareket ettiğini biliyorsunuz, bundan dolayı sürtünme kuvveti $\mu_k N$ dir. ve (1) ve (2) denklemlerini kullanarak devam edebilirsiniz. Problemde yazar sadece kinetik sürtünme katsayısı verdiği için, dolaylı olarak ivmenin sıfır olamayacağı söylemektedir. O halde μ_s yerine μ_k yazarak ivmenin yönünü (3) ve (4) denklemlerini kullanarak bulabilirsiniz ve m_1 in yukarı doğru ivmelendiği sonucuna varıyorsunuz.

Problem 3.13

N_1 ve F_1 tek bir parmağın normal ve sürtünme kuvvetleri; N_2 ve F_2'de diğer parmağın normal ve sürtünme kuvvetleri olsun. Bu problemi anlamadaki temel nokta, her bir parmak tarafından desteklenen ağırlık oranının farklı olabileceğini fark etmektir. Açıkça görüleceği üzere çubuğun merkezine en yakin parmak en çok ağırlığı hissedecektir ve bunda dolayı çubuk üzerine daha büyük bir normal kuvvet uygulayacaktır.

Her bir parmağı çubuğun iki ucu altından başladığımızı hayal edelim. İlk olarak her bir parmak ağırlığı eşit olarak paylaşır, fakat parmaklarınızı iki uçtan birinden hareket ettirmeye çalışırsanız (mesela birinci parmak) kaymaya baslar. (Kaymayı engellemek için parmaklarınızı her iki uçtan itibaren tam olarak aynı mesafeden başlatmalısınız ve tam olarak aynı hızla hareket ettirmelisiniz. Açık şekilde insan parmakları bunu yapamaz. Ve çubukta zaten kendisi o kadar düzgün olması için düzgün bir sekle sahip değildir). Birinci parmak kaydıktan hemen sonra her iki parmakta ağırlığı hala eşit şekilde paylaşırlar ($N_1 = N_2$), fakat kinetik sürtünme katsayısı statik sürtünme katsayısından daha küçük olduğu için, ikinci parmaktaki sürtünme birinci parmaktaki sürtünmeden daha büyük olur ($F_2 = \mu_s N_2 > \mu_k N_1 = F_1$). Birinci parmak kaymaya devam ederken; N_1, $F_2 = \mu_s N_2 = \mu_k N_1 = F_1$ şartını sağlayana kadar büyürken, çubuğun ağırlığı da birinci parmakta olur. Birinci parmak birazcık daha içeri hareket ederse, ikinci parmak artik birinciden gelen sürtünme kuvvetini sürdüremez ve böylece ikinci parmak hareket eder ve birinci parmak durur. Bütün işlem bu şekilde devam eder.

Problem 3.14

$k = 150\,N/m$, L=0.15m olsun. Yayı, denge durumundaki L uzunluğunun iki katı gerdirebilmek için şu kuvvete ihtiyacımız vardır

$$F = k\left|2L - L\right| = kL = (150)(0.15) = 22.5\ N$$

Bu gerçektende her iki uca etki etmesi gereken kuvvettir. Eğer yayı iki ucundan tutarsanız bu durumda yayın iki ucuna da bu kuvveti uygulamalısınız veya bir ucunu duvara birleştirirseniz tek elinizle bu kuvveti bir ucuna uygulamanız gerekmektedir.

Yayın denge uzunluğunun yarısına sıkıştırabilmek için gerekli olan kuvvet

$$F = k\left|\frac{1}{2}L - L\right| = \frac{1}{2}kL = \frac{1}{2}(150)(0.15) = 11.25\ N$$

Yine bu kuvvet her iki ucuna da uygulanmalıdır.

Şimdi m=3kg olsun.

(a) Açısal frekans şu şekilde verilir.

$$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}=\sqrt{50}\approx 7.1\frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

(b) Salınım periyodu şu şekilde verilir.

$$T=\frac{2\pi}{\omega}=\frac{2\pi}{\sqrt{50}}\approx 0.89\,\text{s}$$

(c) Frekans ise şu sekil de verilir.

$$\nu=\frac{1}{\tau}=\frac{\sqrt{50}}{2\pi}\approx 1.1\,\text{Hz}$$

Problem 3.15

Güneşe doğru yöneliyorsunuz. Güneş tam olarak olması gerektiği yerdedir. Güneş, şu an gördüğünüz ışığı çıkardığı zaman 8 dakika önce ufukta değildi (8 dakikada dünya yaklaşık 2° döner). Fakat “Güneş ufukta değildi ” demek” Güneş hareket etti” anlamına gelmez. Bu “ufuk hareket etti” anlamına gelir. Hatta Güneşi olması gerektiğinden daha yüksekte gösteren dünyanın atmosferindeki kırınım bile önemli değildir (bunu optik dersi alırsanız daha iyi anlayacaksınız).