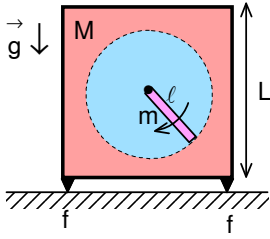
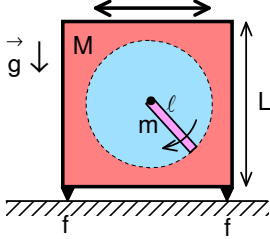


XXII. ULUSAL FİZİK OLİMPİYATI İKİNCİ AŞAMA SINAVI-2014



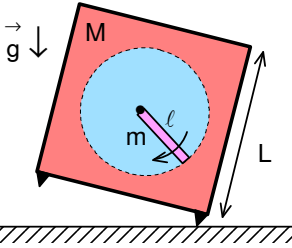
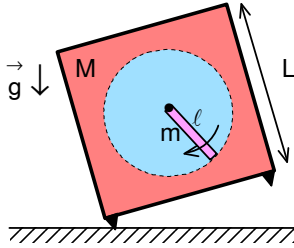
1. Otomatik çamaşır makinelerinin içine konulan çamaşırlar dengeli dağılımadıklarında özellikle yüksek devirle döndürdüklerinde makinenin de yerinden hareket etmesine sebep olabilirler. Basit bir modelle bu olayı inceleyebiliriz. Çamaşır makinesini L uzunluğunda kenarlara sahip ve homojen olarak doldurulmuş M kütleli bir küp olarak kabul edelim. Makinenin yerle temasını makinenin ucundaki küçük ayaklar sağlamaktadır. Makinenin ayakları ile yer arasındaki sürtünme katsayısı f olarak veriliyor. Dengesiz olarak yüklenmiş çamaşırları ise makinenin kütle merkezine ucundan tutturulmuş  $l$  uzunluğunda ve m kütleli bir homojen çubuk olarak modelleyelim.

Makinenin motoru çubuğu  $\omega$  sabit açısal hızı ile döndürecek torku ve kuvveti her an sağlamaktadır. (Şekildeki daire sadece çubuğun dönerken taradığı alanı gösterir. Ayakların yüksekliği ve kütlesi önemsizdir) Eğer dönüş hızı küçükse çubuk dönerken makinenin ayakları sabit kalır. Bu soruda ise dönüş hızı arttıkça makinenin sabit konumundan ayrılabilceği iki durum incelenmektedir.

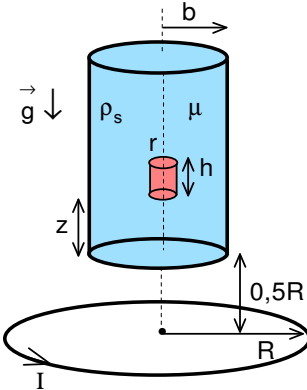
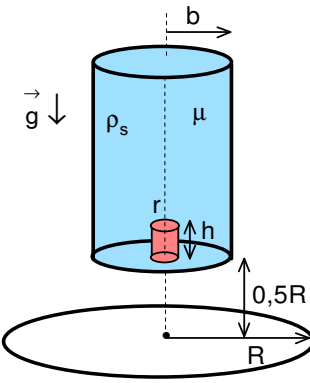


a) Kayma hareketi-Eğer açısal hız belirli bir kritik değeri aşarsa makine yerde sağa sola kaymaya başlayacaktır (Bu özellikle yer ıslanır da sürtünme katsayısı düşerse önemli bir problem oluşturur). Makinenin kaymaya başlayacağı minimum açısal hız  $\omega_1$ 'i verilen diğer nicelikler (L, M, f,  $l$ , m) ve yerçekimi ivmesi g cinsinden hesaplayınız.

Not: Homojen bir çubuğun, çubuğun ucundan geçen eksene göre eylemsizlik momenti  $J = \frac{m l^2}{3}$  olarak veriliyor.



b) Sallanma Hareketi-Yerle ayaklar arası sürtünme katsayısı sonsuz olsa bile eğer dönüş hızı çok yüksek olursa makinenin ayakları birer birer yerle teması kaybedecek ve makine sallanmaya başlayacaktır. Bu hareketin başlaması için gereken minimum açısal hız  $\omega_1$ 'yi bulunuz. Şekilde makinenin hareketini açıklamak için iki farklı zamandaki durumu resmedilmiştir. Beklenen sadece bu hareketin başladığı dönüş hızını bulmanızdır.



2. Paramanyetik tuzları su içerisinde çözerek suyun manyetik geçirgenliğini değiştirmek mümkün olmaktadır. Paramanyetik tuzla doyurulmuş su içinde manyetik indüksiyon alanı

$$\vec{B} = \mu \mu_0 \vec{H}$$

şeklinde verilmektedir. Burada H manyetik alan şiddeti,  $\mu$  maddenin bağıl manyetik geçirgenlik katsayısı,  $\mu_0$  ise vakumun manyetik geçirgenlik katsayısıdır. Paramanyetik maddeler için  $\mu < 1$  değerine kadar yükselbilmektedir. Birçok malzeme için bu değer birden farkı  $10^{-7}$  mertebesinde. Tuzlar suyun özkütlesini çok etkilemediği

için suyun özkütlesi  $\rho_s = 1 \text{ g/cm}^3$  olarak kabul edilebilir. Ayrıca su sıkıştırılabilirliği ihmal edilebilir bir sıvıdır. Yarıçapı b olan çok uzun bir silindir yukarıda anlatılan şekilde hazırlanmış su ile dolduruluyor. Suyun içine r yarıçapında ve  $h \gg r$  yüksekliğinde manyetik olmayan  $\mu = 1$  malzemeden yapılmış silindirik bir cisim atılıyor. Cismin yapıldığı malzemenin özkütlesi  $\rho_c > \rho_s$  olduğu için cisim tabana çöküyor. Silindirin tabanından  $0,5R$  aşağısına, silindirin tabanına paralel silindirle eş eksenli,  $R \gg b \gg h$  yarıçaplı bir iletken halka konuluyor. Bu halkadan yeterli akım geçirildiğinde cismin silindir tabanından ayrılıp belirli bir yükseklikte dengeye geldiği görülüyor.

a) Cismi yerinden kaldıracak minimum akımı, verilenler ve yerçekimi ivmesi g cinsinden hesaplayınız. Silindirik cismin yarıçapının iletken halkanın yarıçapından çok küçük olduğu için silindirik cismin kenarındaki manyetik alan saçaklanmasının ihmal edilebileceğini kabul ediniz.

b) (a) şikkında bulduğunuz akıma  $I_0$  dersek, cismi tabandan  $0,5R$  kadar yükseltmek için gereken akım ne kadardır?

c) Silindirik cisim su içinde hareket ederse silindire etki eden direniş kuvveti

$$F_d = kv$$

ile verilir. Burada  $v$  silindirik cismin hızı,  $k$  ise bir sabittir.  $k$  sabiti en kolay nasıl ölçülür?

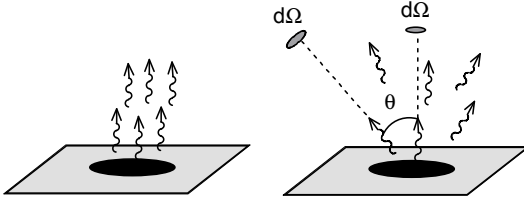
d) Silindirik cisim  $z_0$  yüksekliğinde dengede tutan I akımı geçirmekte olan tele çok küçük alternatif akım veriliyor.

$$I(t) = I + I_1 \cos \omega t$$

Silindirik cismin yapacağı titreşimlerin genliği hangi  $\omega$  açısal frekansı için maksimum olur?

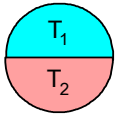
e) Silindirik cismin tabanı ile halka arasındaki  $0,5R$  uzaklığı değiştirilerek cismi kaldırmak için gerekli olan minimum akım da değiştirilebilir. En az akım ile cismi kaldırmak için bu uzaklığın değeri ne kadar olmalıdır?

3. Uzak boşluğundaki cisimlerin ısı kaybetmelerinin en önemli mekanizması yaptıkları kara cisim ışımasıdır. Eğer bu cisimlerin her noktası aynı sıcaklıkta değilse farklı noktalardan yapılan ışımların şiddetleri de farklı olacak, farklı yönlere salınan fotonların taşıdıkları momentum birbirine denk olmayacağı için cisim net bir kuvvet hissedecektir. Bu kuvvete Yarkovskii kuvveti adı verilir, gezegen boyutunda cisimler için kütle çekime göre ihmal edilebilir olsa da, asteroit ve yapay uydular için çok önemlidir. Son zamanlarda bu etkinin Dünya'ya çarpma ihtimali olan asteroitleri uzaklaştırmak için kullanılabileceği önerilmiştir. Bu soruda bu etkinin fiziksel temelleri incelenecektir. Stefan-Boltzmann yasasına göre bir kara cisimden yayılan ışımanın birim zamanda birim alandan yayılan enerjisi  $J = \sigma T^4$  ile verilir. Çözümünüzde  $\sigma$  ve başka evrensel sabitleri kullanabilirsiniz.



a) Eğer bütün kara cisim ışıması yüzeye dik yönde salınan fotonlar ile yapılıyor olsaydı  $T$  sıcaklığındaki bir yüzeye etki edecek basınç (birim alana etki eden kuvvet) ne kadar olurdu? Kara cisim ışıması sırasında fotonlar sadece yüzeye dik salınmazlar, yüzeyden uzaklaşan her yöne ışıma yapılır. Ancak, her yöne aynı miktarda foton salınmaz. Yüzey normaliyle  $\theta$  açısı yapan bir yöne giden foton sayısı  $\cos \theta$  ile

orantılıdır. Yüzeye dik yöndeki  $d\Omega$  katı açısına birim zamanda  $dn$  tane foton geliyorsa, normalle  $\theta$  açısı yapan yöndeki  $d\Omega$  katı açısına birim zamanda  $\cos \theta dn$  tane foton düşmektedir. Bu bilgiyi kullanarak  $T$  sıcaklığındaki yüzeye kara cisim ışıması sonucu etki edecek basıncı hesaplayınız.



b) Uzak boşluğunda bütün kütle çekim ve foton kaynaklarından çok uzakta  $R$  yarıçaplı küresel bir asteroit olduğunu kabul edelim. Bu asteroidin bir yarımküresi  $T_1$ , diğer yarımküresi ise  $T_2$  sıcaklığında ise asteroidte etki eden toplam kara cisim ışıması (Yarkovskii) kuvvetini hesaplayınız ve yönünü açıkça belirtiniz.

Güneş etrafında dairesel bir yörüngede olan küresel bir gökcismi ele alalım. Eğer bu cisim kendi etrafında dönüş periyodu (günü) güneş etrafında dönüş periyoduna (yılı) eşit olursa güneşe bakan yüzünde sıcaklıklar karanlık yüze göre çok daha yüksek olacaktır. Sıcaklığın en fazla olduğu nokta güneşin tam tepede olduğu nokta olacaktır. Bu durumda Yarkovskii kuvveti güneşin kütle çekimi ile aynı doğrultudadır. Ancak pek çok gökcismi için gün süresi yıl süresinden çok daha kısadır. Ayrıca gökcisminin yüzeyini oluşturan maddelerin ısı sığası ve sınırlı ısı iletkenliği yüzünden yüzey sıcaklığı güneşin tepede olduğu noktalarda değil 'öğleden sonra' saatlerini yaşayan noktalarda maksimumdur. Bu durumda Yarkovskii kuvveti dairesel yörüngeyi bozabilir. Gökcisminin kendi etrafında dönüş eksenine göre bölünmüş dilimlere saat diyelim. Gökcisminin yüzeyindeki sıcaklık dağılımı için de şu basit model kullanalım. Güneş doğduktan 2 saat sonra sıcaklık aniden  $T_1$ 'den  $T_2$ 'ye yükseliyor ve 12 saat sabit kalıyor. Güneş battıktan 2 saat sonra sıcaklık  $T_1$ 'e düşüyor ve 12 saat sabit kalıyor.

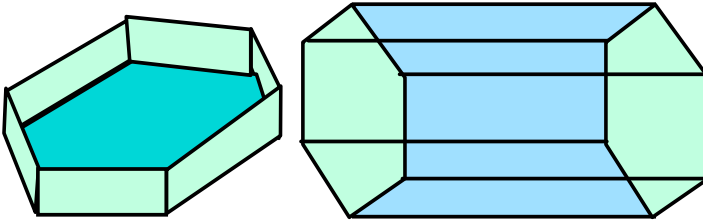
c) Güneşin sıcaklığı  $T_G$ , yarıçapı  $R_G$ , gökcisminin yarıçapı  $r$ , ve dairesel yörüngenin yarıçapı  $\ell$  ise

ortalama yüzey sıcaklığı  $\frac{T_1 + T_2}{2}$ 'yi  $T_G$ ,  $R_G$ ,  $r$ ,  $\ell$  ve evrensel sabitler cinsinden hesaplayınız. Güneşin ve

gökcisminin ideal kara cisim olduğunu kabul edebilirsiniz, ortalama sıcaklığın iki yarıküre arası sıcaklık farkından çok yüksek olduğunu da. Eğer yüzey sıcaklığı verilen basit modele uyuyorsa Yarkovskii kuvvetinin yörüngeye teğet olan bileşenini hesaplayın. Yarkovskii etkisinin demir (metal) bileşeni yüksek bir asteroit için mi yoksa buz bileşeni yüksek bir asteroit için mi daha kuvvetli olmasını beklersiniz? Açıklayınız.

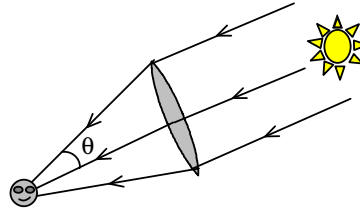


4. Güneş ışınlarının atmosferde bulunan küçük parçacıklardan saçılması ile oluşan ışık desenlerine hale adı verilir. Halelerin en iyi bilinen örneği küresel su damlacıklarından saçılan ışığın oluşturduğu gökkuşağıdır. Ancak, atmosferik koşullar uygun olduğunda, özellikle hızlı soğuma sonucu havada buz kristalleri oluştuğunda gökyüzünde çok daha ilginç desenler oluşabilir. Aşağıdaki fotoğraf böyle bir havada güneşin doğuşundan kısa bir süre sonra çekilmiştir:



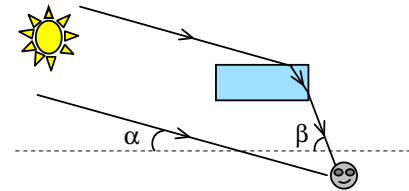
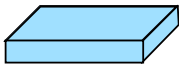
Fotoğrafta görülen değişik halelerin oluşmasının sebebi havada çok sayıda küçük buz kristali olmasıdır. Buz kristalleri bu aşamada neredeyse mükemmel altıgen prizmalardır. (Kar taneleri gibi fraktal yapılar daha sonraki birleşmelerle oluşur) Kristal büyümesinde temel olarak iki tür prizma oluşur, yassı ve çubuk

kristaller. Taban kenarının yüksekliğe oranı yassı kristallerde küçük, çubuklarda büyüktür. Bu soruda buz kristallerinin fotoğrafta görülen değişik desenleri nasıl oluşturduğunu incelenmektedir.

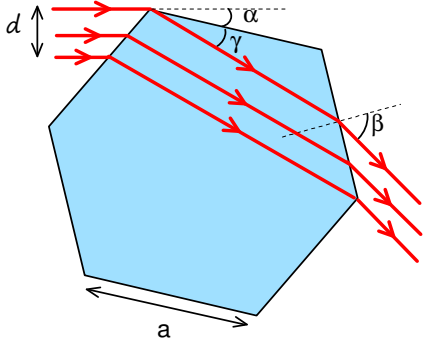


a) En sıklıkla gözlenen buz halesi güneşin etrafında oluşan halkadır. Güneşten gelen ışınlar 21.7 dereceden daha küçük bir saçılma göstermezken, bu dairenin hemen dışında parlaklık başlamaktadır. Havadaki kristaller rasgele bütün yönelimlere sahip olunca en belirgin görülen hale budur. Bu bilgiler ışığında

da buz kristallerinin kırıcılık indisi nedir? Çok ender de olsa buzun moleküler yapısı altıgen değil dikdörtgenler prizması kristal oluşumuna yol açabilmektedir (Bu faz Buz 1<sub>o</sub> olarak bilinir ve kırıcılık indisi altıgen fazla ayırdır). Eğer havadaki kristaller yassı kare prizmalar ise hale hangi açıda oluşacaktır?



b) Tepe yayı yine rüzgarsız bir havada yatay duran yassı kristallerin yol açtığı bir etkidir. Kristallerin üst yüzeyinden giren ışık yan yüzeyden çıkarak bu haleyı oluşturur. Güneşin ufuktan açılma yüksekliği  $\alpha$  kritik bir değeri geçtikten sonra bu tepe yayı gözlenemez. Bu açıyı hesaplayın.



c) Eğer hava rüzgarsız ise yassı kristallerin büyük kısmı tabanları yere paralel olacak şekilde (hava sürtünmesi maksimum olacak şekilde) düşerler. Bu yüzden 22 derece dairesinin yatayla kesiştiği noktalarda 'sahte güneş' adı verilen parlaklıklar oluşur. Bu parlaklıklar 21.7 derecede başlar, ışık şiddeti saçılma açısı arttıkça azalır. Yatay düzlemde, ışık şiddetinin saçılma açısına bağlı değişimini hesaplamak için aşağıdaki adımları tamamlayın! Geometri kullanmanız yeterlidir, şiddetin bağıl değeri (iki açıdaki şiddetin oranı) sorulmaktadır. Güneşin yatayda olduğunu (doğduktan hemen sonra), böylece kristallerin tabanı, güneş ve gözlemcinin aynı düzlemde olduğunu kabul edin. Güneş ışınlarıyla  $\alpha$  açısı yapan  $n$  kırıcılık indisli altıgen bir buz tanesi için  $\alpha$  açısını  $n$  ve  $\gamma$  açısı cinsinden ifade ediniz. Saçılma açısı  $\beta$ 'yi  $\gamma$  ve  $n$  cinsinden hesaplayınız. Kalın çizilmiş iki ışın arasındaki bütün ışınlar aynı  $\beta$  açısına saçılır. Güneşten gelen iki paralel ışın arası mesafe  $d$  'yi  $\gamma$ ,  $n$  ve altıgenin kenar uzunluğu  $a$  cinsinden bulunuz. Minimum saçılma açısı  $\beta$  ve maksimum  $d$  'nin  $\gamma=0$  için elde edildiğini ispatlayınız. Sahte güneşin içinde iki farklı saçılma açısındaki ışık şiddetinin oranı  $\theta$  açıları için olan  $d$  mesafelerinin oranına eşittir  $J(\beta) \sim d(\beta)$ . Açıklayınız.