

$$F = C_1 r v + C_2 r^2 v^2 \quad F = \frac{mMG}{r^2} \quad F = \frac{dp}{dt} = ma \quad dW = F \cdot dr \quad a_{\text{mer}} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$$

$$U = -\frac{mMG}{r} \quad U = mgh \quad U = \frac{1}{2} k x^2 \quad K = \frac{1}{2} m v^2 \quad K = \frac{1}{2} I \omega^2$$

$$E_{\text{top}} = K + U = \frac{1}{2} m v^2 - \frac{mMG}{r} = \frac{-mMG}{2a} \quad L = r \times p \quad I = \sum_i m_i r_i^2$$

$$m_1 r_1 = m_2 r_2 \quad v = \omega r \quad T^2 = \frac{4\pi^2 (r_1 + r_2)^3}{G(m_1 + m_2)2} \quad \omega = \frac{d\theta}{dt} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\tau = r \times F = I\alpha = \frac{dL}{dt} \quad \alpha = \frac{d\omega}{dt} \quad T = \frac{2\pi}{\omega} \quad L = I\alpha \quad I = \int_0^{\Delta t} F dt = p_f - p_i$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}} \quad \omega_{\text{pr}} = \frac{\tau}{L_s} \quad T^2 = \frac{4\pi^2 a^3}{GM}$$

Kendi silindirik ekseninde dönen M kütleli ve R yarıçaplı katı bir disk için:  $I = \frac{1}{2} MR^2$

Merkezinden geçen eksen boyunca dönen M kütleli ve R yarıçaplı katı bir küre için:

$$I = \frac{2}{5} MR^2$$

$$v_f - v_i = -u \ln\left(\frac{m_f}{m_i}\right) - g t \quad I = I_{\text{cm}} + M d^2 \quad I_z = I_x + I_y$$

$$f' = f \left(1 + \frac{v}{c} \cos \theta\right) \quad \lambda' = \lambda \left(1 - \frac{v}{c} \cos \theta\right) \quad \frac{dP}{dy} = -\rho g$$

$$PV = nRT \quad R = 8.31 J / K \quad PV = NkT \quad k = 1.38 \times 10^{-23} J / K \quad N_A = 6.02 \times 10^{23}$$

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad E = hf = \frac{hc}{\lambda} \quad \Delta L = \alpha L \Delta T \quad \Delta V = \beta V \Delta T$$

$$h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{sec} \quad \hbar = \frac{h}{2\pi} = 1.05 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{sec}$$

$$\frac{1}{2} \rho v_1^2 + \rho g y_1 + P_1 = \frac{1}{2} \rho v_2^2 + \rho g y_2 + P_2$$

**Problem 1 (16 Puan)**

Bir nişancı,  $m$  kütleli bir mermiyi yatay düzlemde  $\theta$  açısı altında  $v_0$  hızı ile ateşlemektedir. Merminin yer seviyesinden atıldığı varsayalım. Yer çekimi ivmesi  $g$  dir. Hava direncini ihmal ediniz. Cevaplarınızı  $m, g, v_0$  ve  $\theta$  cinsinden veriniz.

- (4) Mermi ne zaman en yüksek noktaya ulaşır?
- (4) Bu nokta yer seviyesinden ne kadar yüksektir?
- (4) Mermi yere hangi hız ile çarpacaktır?
- (4) Mermi yere çarptığı zaman almış olduğu yatay uzaklık nedir?

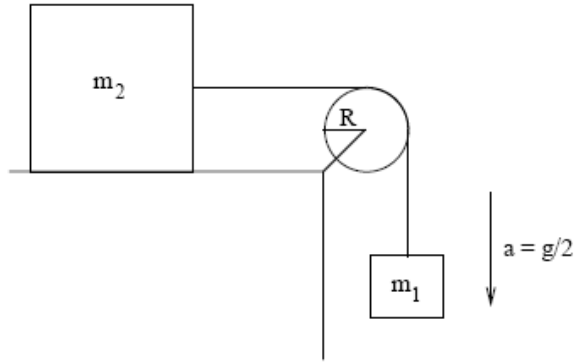
**Problem 2 (15 Puan)**

Bir sarkaç  $l$  uzunluğuna sahiptir (ip kütsesizdir). Sarkaca asılı olan cismin kütsesi  $m$  dir. İp yatayla  $\theta = 90^\circ$  derecelik açı yaptığı zaman cismi ilk hızsız olarak bırakıyoruz. Her türlü sürtünme ihmal edilebilir. Yerçekimi ivmesi  $g$  dir. Cevaplarınızı  $l, m$  ve  $g$  cinsinden veriniz.

- (5) Sarkaç en alt noktaya ( $\theta = 0^\circ$ ) vardığı zaman hızı nedir?
- (5)  $\theta = 0^\circ$  olduğu zaman, ipteki gerilme nedir?
- (5) Yerçekimi ve sarkacın bırakıldığı an ile en alt noktaya vardığı an arasında ipteki gerilme tarafından ne kadar bir iş yapılmıştır?

**Problem 3 (24 puan)**

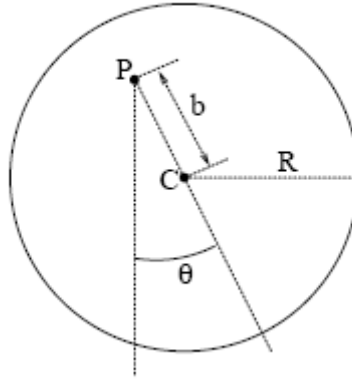
Değeri bilinmeyen  $m_1$  kütlesi, kütlesi ihmal edilebilen bir ip ile asılmış ve  $g/2$  ivmesi ile aşağıya düşmektedir. İpin diğer ucu sürtünmesiz masa üzerinde kayan  $m_2$  kütesine bağlanmıştır. İp kütlesi  $m_2/2$  ve yarıçapı  $R$  olan düzgün şekilli bir makaradan geçmektedir (şekle bakınız). Makara yatay ekseninde ve sürtünmesiz olarak dönmekte ve ip makaradan kaymamaktadır.  $b$ ,  $c$  ve  $d$  şıkkı için cevaplarınızı  $g$ ,  $m_2$  ve  $R$  cinsinden veriniz.



- (6) Makara ve her iki kütle için serbest-cisim diyagramını çiziniz.
- (6) İpin yatay kesimindeki gerilme nedir?
- (6) İpin düşey kesimindeki gerilme nedir?
- (6) Değeri bilinmeyen  $m_1$  cisminin kütlesi nedir?

**Problem 4 (20 puan)**

Düzgün  $M$  kütleli ve  $R$  yarıçaplı katı bir disk  $P$  den geçen eksen etrafında salınım hareketi yapmaktadır. Eksen diksin düzlemine diktir.  $P$  noktasındaki sürtünme ihmal edilebilir derecede küçüktür ve ihmal edilebilir.  $P$  noktasından diskin merkezine olan uzaklık  $b$  dir (şekle bakınız). Yer çekimi ivmesi  $g$  dir.



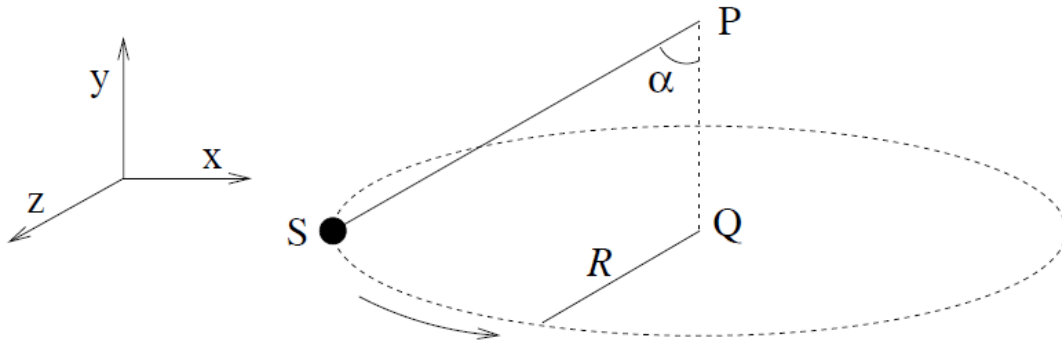
- (4) açıdaki yer değiştirme  $\theta$  olduğu zaman,  $P$  noktasına göre tork nedir?
- (4)  $P$  noktasından eksen boyunca eylemsizlik momenti nedir?
- (4) Tork,  $P$  noktasından geçen eksen boyunca bir açısal ivmeye sebep olur. Hareket denklemini,  $\theta$  açısı ve açısal ivme cinsinde yazınız.

**Disk salınım hareketi yaptıkça, maksimum yer değiştirme açısı,  $\theta_{\text{mak}}$ , oldukça küçüktür ve hareket neredeyse mükemmel basit harmonik harekettir.**

- (4) Salınımın periyodu nedir?
- (4) Disk salınım hareketi yaptıkça,  $P$  noktasında mevcut olan ve diske etkiyen herhangi bir kuvvet var mıdır? Açıklayınız.

### Problem 5 (25 Puan)

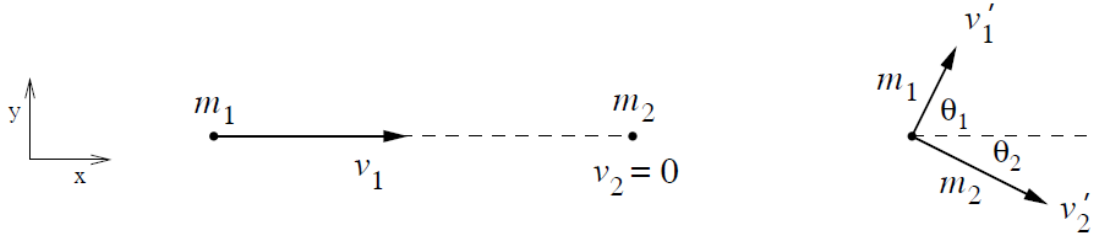
$m$  kütleli bir elma bir ipe bağlı olarak yatay bir düzlemde sabit sürat ile dönmektedir. İp düşey ile  $\alpha$  açısı yapmaktadır (şekle bakınız). Çemberin yarıçapı  $R$  dir. Elmanın bir tam tur dönmesi  $\tau$  saniye almaktadır. Dönmenin yönü şekilde belirtilmiştir. Elma S noktasında size doğru yaklaşmaktadır.  $Q$  çemberin merkezidir.  $QP$  dikey uzaklıktır.  $SQ$  artı  $x$  doğrultusunda,  $QP$   $y$  doğrultusunda ve  $z$  doğrultusu S noktasında çembere teğettir ve size doğrudur. Yerçekimi ivmesi  $g$  dir. İpin kütlesiz olduğunu varsayalım. Cevaplarınızı  $m, R, \tau$  ve  $g$  cinsinden veriniz.



- (4) Elma için S noktasında serbest cisim diyagramını çiziniz.
- (4) S noktasında elmanın hızı (büyüklük ve yön olarak) ve  $\omega$  açısal hızı nedir?
- (4) Elmanın S noktasında merkezci ivmesi nedir (büyüklük ve yön olarak)?
- (4) S noktasında elmaya etki eden bütün kuvvetlerin toplamının yönü ve büyüklüğü nedir? Bunu şekil üzerinde tek kuvvet olarak gösteriniz ya da ayrıca çiziniz ve bu kuvveti açık bir şekilde belirtiniz.
- (9)  $\alpha$  nedir?

**Problem 6 (25 Puan)**

$m_1$  kütleli ve  $v_1$  hızlı (x doğrultusunda) diğer bir  $m_2$  kütlesi ile çarpışmaktadır. Çarpışma meydana gelmeden önce  $m_2$  durumdur. Yani  $v_2 = 0$  dır. Çarpışmadan sonra, parçacıklar  $x-y$  düzleminde x eksenine  $\theta_1$  ve  $\theta_2$  açısı yapan  $v_1'$  ve  $v_2'$  hızlarına sahiptirler (şekle bakınız). Herhangi bir dış kuvvet yoktur. Tüm cevaplarınızı  $m_1, m_2, v_1, \theta_1$  ve  $\theta_2$  sinsinden veriniz.



- (3) Çarpışmadan önceki toplam momentum nedir (yön ve doğrultu olarak)?
- (4) Çarpışmadan sonraki toplam momentum nedir (yön ve doğrultu olarak)?
- (4) Çarpışmadan önceki toplam kinetik enerji nedir?
- (6) Hızların  $\frac{v_2'}{v_1'}$  oranı nedir?
- (8)  $v_1'$  in büyüklüğü (sürat) nedir?



**Problem 7 (25 Puan)**

$M$  kütleli ve  $R$  yarıçaplı dönmeyen bir küresel bir gezegen düşününüz. Gezegenin atmosferi yoktur.  $m$  kütleli bir uzay aracı ( $m \ll M$ ) gezegenin yüzeyinden  $v_0$  hızı ile  $30^\circ$  açı altında fırlatılıyor. Roketin yanması oldukça kısa zaman almaktadır. Böylece, uzay aracının  $v_0$  hızına sahip olduğu zaman, kayda değer bir mesafe yol almadığını var sayabilirsiniz.

a. (4)  $v_0$  hızı o kadar büyüktür ki, uzay aracı gezegenin yörüngesinde kalmaz. Bu uzay aracının yörüngede kalması için minimum hız ne olmalıdır?

Şimdi uzay aracının gezegenin yörüngesinde kaldığını ve yörüngede uzay aracının gezegenin merkezinden  $15R$  kadar uzakta olduğunu varsayalım. Bu mesafede hız  $V$  dir.

b. (4)  $v_0/V$  oranı nedir?

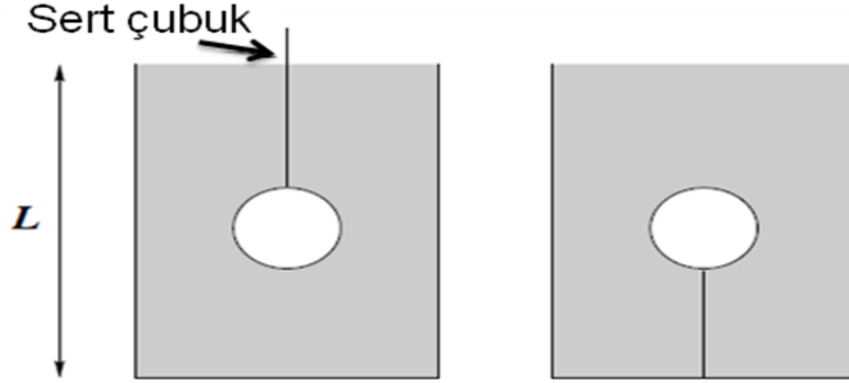
c. (4) Uzay aracının fırlatıldıktan hemen sonraki toplam enerjisi nedir?

d. (5) Uzay aracı gezegenden en uzakta olduğu zaman, toplam enerjisi nedir?

e. (8)  $v_0$  hızını  $M, G$  ve  $R$  cinsinden elde etmenize yarayacak olan bir denklem yazınız ( bu denklemi çözmenizi istemiyoruz).

**Problem 8 (18 Puan)**

$L$  uzunluklu bir silindir şeklindeki kap yoğunluğu  $\rho$  olan bir sıvı ile ağzına kadar doludur. Kap teraziye konuluyor ve terazi  $W$  değerini gösteriyor. Eğer bırakılırsa suyun yüzeyinde yüzecek olan  $V$  hacimli ve  $m$  kütleli hafif bir top yavaşça suyun içine doğru bırakılıyor ve şekilde solda gösterildiği gibi hacmi ihmal edilebilir sert bir çubuk vasıtasıyla suyun yüzeyinin altında tutuluyor.



- (4) Top sıvının içine doğru bastırılırken taşan sıvının  $M$  kütlesi nedir?
- (6) Top tamamıyla su içine batırıldığı zaman terazinin gösterdiği değer nedir? Cevabınızı veriniz.
- (8) Eğer bir çubuk tarafından aşağı doğru bastırılmasının yerine, top çok ince bir ip ile sağdaki şekilde görüldüğü gibi kabın altına bağlanılarak yerinde tutulursa, ipteki  $T$  gerilmesi nedir? Ve terazide okunan değer nedir?

**Problem 9 (15 Puan)**

Eğer atmosferde T sıcaklığı yükseklikten bağımsız ise, p basıncının yüksekliğin bir fonksiyonu olarak  $h$  yüksekliği ile

$$p = p_0 e^{-\frac{mgh}{kT}}$$

şeklinde değiştiğini gösteriniz. Burada  $m$  bir hava molekülünün ortalama kütlesi ve  $p_0$  deniz seviyesindeki basınçtır.

**Problem 10 (17 Puan)**

$m$  kütleli ve  $R$  yarıçaplı bir bowling topu metronun düzgün zemininde durmaktadır. Eğer metro yatay olarak  $a_1$  ivmesine sahip ise, topun  $a_2$  ivmesi nedir? Topun kaymadan döndüğünü varsayınız. Yerçekimi ivmesi  $g$  dir.