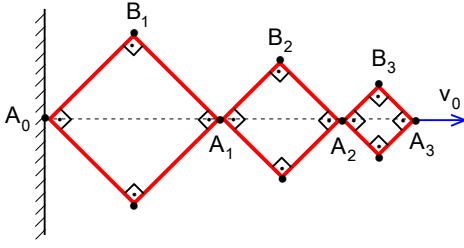
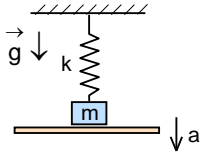


EYLÜL KAMPI SINAVI-1990



1. Başlangıçta kapalı  $A_0$  noktasında tutturulan ve açılabilen sistem  $A_3$  ucundan  $v_0$  hızı ile şekildeki gibi çekilerek açılmaktadır.

**Sistemin çubukları arasındaki açılar  $90^\circ$  iken  $A_1, A_2, A_3, B_1, B_2$  ve  $B_3$  noktalarının hızları nedir?** (Sistemi oluşturan çubukların uzunlukları arasındaki oranlar  $A_0 B_1 : A_1 B_2 : A_2 B_3 = 3:2:1$  olarak verilmektedir.)



2. Başlangıçta hiç uzamamış ve düşey konumunda yay sabiti  $k$  olan yayın ucunda destek üzerinde kütlesi  $m$  olan bir cisim bulunuyor. Destek  $a$  ivmesi ile aşağıya doğru hareket ettiriliyor.

**Yayın maksimum uzaması  $a < g$  ve  $a > g$  durumları için nedir?**

3. Kütlesi  $m$  ve kesit alanı  $S$  olan bir uydü dünya etrafında  $r_0$  yarıçaplı çembersel yörüngede dönmektedir. Dünyanın kütlesi  $m_D$ , yarıçapı  $R$ , çekim sabiti  $\gamma$ ,  $r_0$  yükseklikteki atmosferin özkütlesi  $\rho$  olarak veriliyor. Uydüya  $F = kv^n$  etki ettiği kabul edilebilir. Bu kuvvetin etkisi ile yarıçapın değişimi  $dr = -\xi dt$  şeklindedir. Burada  $\xi$  bir sabittir.

**Buna göre  $n$  ve  $k$  nedir?**

4. Yarıçapı  $R$  ve kütlesi  $m$  olan bir top  $v_0$  hızıyla dikey duvara çarpıyor. Topun içindeki hava ile dışarıdaki hava arasındaki basınç farkı  $\Delta P$ 'dir.

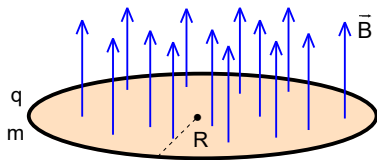
**Buna göre topun ile duvar arasındaki çarpışma süresi ve topun duvar üzerinde bıraktığı izin çapı nedir?**

5. Yarıçapı  $r$  küresel bir kaptaki  $P_0$  basınçta ve sabit  $T_0$  sıcaklıkta çok seyrek gaz bulunmaktadır. Kap boşlukta bulunmakta olup gaz bir musluk sayesinde boşluğa yayılmaktadır.

**Musluğun açılmasından ne kadar zaman sonra gazın basıncı ilk basıncın yarısı kadar olur?** (Gazın molar kütlesi  $\mu$ , gaz sabiti  $R$ , musluğun kesit alanı  $S$  olarak veriliyor. Maxwell dağılımı göz önüne alınınız.)

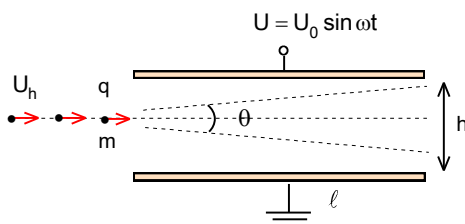
6. İki kompresör artarda çalışarak adyabatik katsayısı  $\gamma$  olan bir gazı adyabatik olarak sıkıştırılmaktadır. İlk olarak birinci kompresör çalışmakta ve gazı  $P_0$  basıncından ve  $V_0$  hacminden  $V_a$ , ara hacmine kadar sıkıştırmaktadır. Bu gaz  $V_a$  hacminde ilk sıcaklığa kadar soğutulduktan sonra ikinci kompresör gazı  $V_s$  son hacmine kadar sıkıştırılıyor.

**Buna göre iki kompresörün yaptığı minimum iş nedir?**



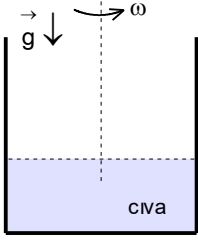
7. Yatay, yalıtkan ve sürtünmesiz düzlem üzerinde kütlesi  $m$ , yarıçapı  $r$  olan, homojen  $q$  yüklü bir disk bulunmaktadır. Diskin düzlemine dik olacak şekilde homojen  $B$  manyetik indüksiyon alanı uygulanmaktadır. Belli süre sonra manyetik indüksiyon alanı sıfıra kadar azalmaktadır.

**Bu sürenin sonunda diskin kazanacağı kinetik enerji nedir?**



8.  $U_h$  potansiyel farkında hızlandırılan  $q$  yüklü  $m$  kütleli paracıklardan oluşan demet, yüksek frekanslı alternatif alanda saptırılabilir.  $l$  uzunlukta ve birbirinden  $h$  uzaklıkta bulunan paralel levhali kondansatörün plakalarına,  $U = U_0 \sin \omega t$  ( $U_0 \ll U_0$ ) alternatif gerilimi şekildeki gibi uygulandığında, plakalar arasındaki elektrik alan yön ve şiddet olarak çok yüksek hızla değişmektedir.

**Buna göre demetin sapma açısını nedir?**

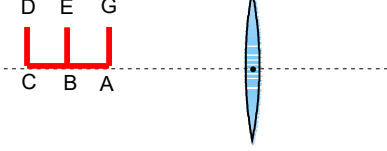


9. Yarıçapı R olan açık bir silindirin içinde cıva bulunmaktadır. Silindir merkezden geçen düşey eksene göre  $\omega$  açısal hızı ile döndürülmektedir.

a) Buna göre cıvanın dönme sonucu alacağı şeklin denklemi nedir? Dönme eksenine olan uzaklığa bağlı olarak basınç nasıl değişir?

Böyle bir düzenek üstümüzde (zenitte) bulunan yıldızları gözlemek için kullanılabilir.

b) Buna göre cıva teleskopunun odak uzaklığını dönme hızına nasıl bağlıdır?



10. Uzunlukları eşit olan beş çubuktan ikisi bir merceğin optik ekseninin üzerine yerleştirilmiştir. Diğer üç çubuk bu iki çubukların uçlarında optik eksene dik olacak şekilde yerleştirilmiştir. AG çubuğunun boyca büyütmesi 3, CD çubuğunun boyca büyütmesi 6 oluyor.

Buna göre AC ve BE çubukların büyütme oranı nedir?

**EYLÜL KAMPI SINAVI ÇÖZÜMLERİ-1990**

1. Sistemin kenarları arasındaki oran;

$$A_0 B_1 : A_1 B_2 : A_2 B_3 = 3:2:1$$

olduğuna göre  $A_3$  noktası çekilip,  $A_3 A_2$  köşegeni  $2x$  kadar,  $A_2 A_1$  köşegeni  $4x$ ,  $A_1 A_0$  köşegeni  $6x$  kadar uzar ise  $A_3$  noktasının yer değiştirmesi  $6x$  olur. Buradan zaman;

$$\Delta t = \frac{12x}{v_0}$$

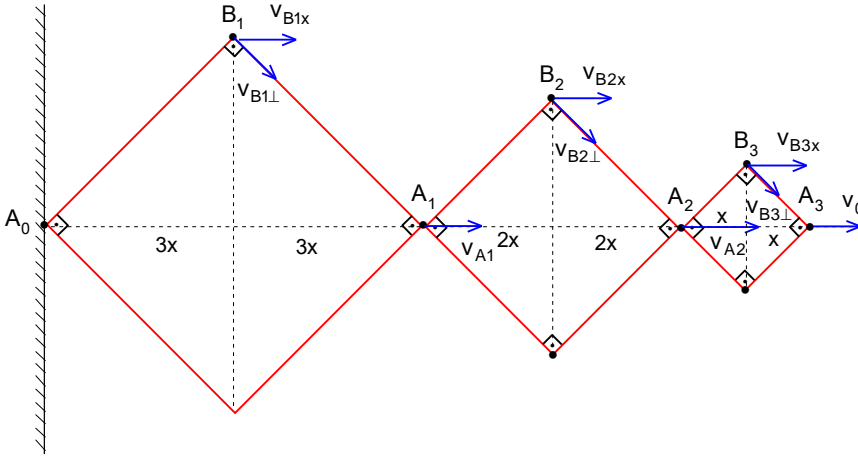
$A_1$ ,  $A_2$  ve  $A_3$  noktalarının hızları;

$$v_1 = \frac{6x}{\Delta t} = \frac{v_0}{2}; v_2 = \frac{6x + 4x}{\Delta t} = \frac{5v_0}{6}; v_3 = \frac{6x + 4x + 2x}{\Delta t} = v_0$$

$B_1$ ,  $B_2$  ve  $B_3$  noktalarının hareket yönündeki hızları;

$$v_{B1x} = \frac{3x}{\Delta t} = \frac{v_0}{4}; v_{B2x} = \frac{6x + 2x}{\Delta t} = \frac{2v_0}{3}; v_{B3x} = \frac{6x + 4x + x}{\Delta t} = \frac{11v_0}{12}$$

olarak bulunur.



$A_0$  noktasına göre çubuklar arasındaki açı  $90^\circ$  olduğunda  $B_1$  noktası dönmektedir. Bu durumda  $B_1$  noktasının hareket boyunca hızı harekete dik yöndeki hızına eşit oluyor. Buradan  $B_1$  noktasının hızı;

$$v_{B1} = \sqrt{v_{B1x}^2 + v_{B1y}^2} = \frac{v_0 \sqrt{2}}{4}$$

olarak bulunur.  $A_1$  noktasına göre  $B_2$  noktası dönmektedir.  $B_2$  noktasının  $A_1$  noktasına göre hareket boyunca hızı;

$$u_{B2x} = v_{A1} - v_{B2x} = \frac{2v_0}{3} - \frac{v_0}{2} = \frac{v_0}{6}$$

olur. Bu durumda  $B_2$  noktasının  $A_1$  noktasına göre hareket boyunca hızı harekete dik yöndeki hızına eşit oluyor.  $B_2$  noktasının hızı;

$$v_{B2} = \sqrt{u_{B2x}^2 + v_{B2y}^2} = \sqrt{\left(\frac{2v_0}{3}\right)^2 + \left(\frac{v_0}{6}\right)^2} = \frac{v_0 \sqrt{17}}{6}$$

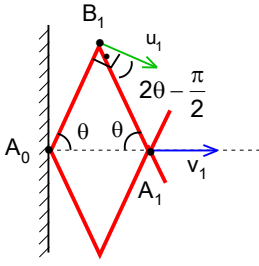
olarak bulunur.  $A_2$  noktasına göre  $B_3$  noktası dönmektedir.  $B_3$  noktasının  $A_2$  noktasına göre hareket boyunca hızı;

$$u_{B3x} = v_{A2} - v_{B3x} = \frac{11v_0}{12} - \frac{5v_0}{6} = \frac{v_0}{12}$$

olur. Bu durumda  $B_3$  noktasının  $A_2$  noktasına göre hareket boyunca hızı harekete dik yöndeki hızına eşit oluyor.  $B_3$  noktasının hızı;

$$v_{B3} = \sqrt{u_{B3x}^2 + v_{B3y}^2} = \sqrt{\left(\frac{11v_0}{12}\right)^2 + \left(\frac{v_0}{12}\right)^2} = \frac{v_0 \sqrt{61}}{12}$$

olarak bulunur.

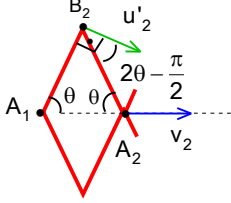


Soruyu farklı yöntemle de çözebiliriz.  $B_1$ ,  $B_2$  ve  $B_3$  noktalarının hızlarını bulmak için  $B_1$  noktasının, yarıçapı  $A_0B_1$  olan çember üzerinde hareket ettiğini göz önüne alalım. Çubuğun uzamama şartından  $\theta=45^\circ$  için;

$$u_1 \cos \left[ \frac{\pi}{2} - (\pi - 2\theta) \right] = v_1 \cos \theta; u_1 = \frac{v_1}{2 \sin \theta} = \frac{\sqrt{2}v_0}{4}$$

olur.  $B_2$  noktasının hızı benzer yöntem ile bulunabilir.  $A_1$  noktasına göre  $A_2$  noktası;

$$v'_2 = v_2 - v_1 = \frac{v_0}{3}$$



hızı ile uzaklaşmaktadır.  $A_1$  noktasının ile ilgili koordinat sistemine göre çubuğun uzamama şartı;

$$u'_2 \cos \left[ \frac{\pi}{2} - (\pi - 2\theta) \right] = v'_2 \cos \theta$$

şeklinde yazılabilir. Buradan hız ve hızın bileşenleri;

$$u'_2 = \frac{v'_2}{2 \sin \theta} = \frac{v_0}{6 \sin \theta}; u'_{2x} = u'_2 \cos \theta = \frac{v_0}{6}; u_{2y} = u_2 \sin \theta = \frac{v_0}{6}$$

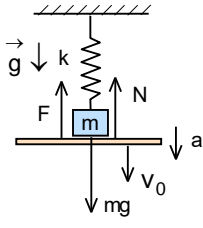
Hareketsiz koordinat sistemine göre  $B_2$  noktasının hızını x ve y bileşenleri;

$$u_{2x} = v_1 + u'_{2x} = \frac{2v_0}{3}; u_{2y} = u'_{2y} = \frac{v_0}{6}$$

olarak yazılabilir.  $B_2$  noktasının hızı;

$$u_2 = \sqrt{u_x^2 + u_y^2} = \frac{\sqrt{17}v_0}{6}$$

olarak bulunur.



2.  $a > g$  ise temas anında kesilir. Bu durumda yayın maksimum uzaması enerji korunumu yasasından;

$$\frac{kx^2}{2} = mgx \Rightarrow x = \frac{2mg}{k}$$

olarak bulunur.  $a < g$  ise temas bir süre sonra kesilir. Cisme etki eden kuvvetler için;

$$mg - N - F = ma$$

yazabiliriz. Temasın kesilme anında tepki kuvveti  $N=0$ , yaydaki gerilme kuvveti;

$$kx_0 = mg - ma = mg - \frac{mg}{2} = \frac{mg}{2}$$

olur. Buradan temas kesilene kadar cismin kazandığı hız;

$$x_0 = \frac{v_0^2}{2a} = \frac{mg}{2k} \Rightarrow v_0^2 = \frac{mga}{k} = \frac{mg^2}{2k}$$

olur. Cismin enerjisi için;

$$E = -mgx_0 + \frac{kx_0^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2} = -mgx_2 + \frac{kx_2^2}{2}$$

şeklinde yazılabilir. Burada  $x_2$  yayın maksimum uzamasıdır.  $x_2$  için ikinci dereceden bir denklem elde ediliyor. Buradan bu uzama;

$$E = -mgx_0 + \frac{kx_0^2}{2} + \frac{mv_0^2}{2} = -mgx_2 + \frac{kx_2^2}{2}$$

$$-mg \cdot \frac{mg}{2k} + \frac{k}{2} \left( \frac{mg}{2k} \right)^2 + \frac{m}{2} \cdot \frac{mg^2}{2k} = -mgx_2 + \frac{kx_2^2}{2}$$

$$kx_2^2 - 2mgx_2 + \frac{m^2g^2}{4k} = 0 \Rightarrow x_2 = \frac{mg(2 + \sqrt{3})}{2k}$$

olarak bulunur.

3. Kısa bir süre için uydunun yarıçapı sabit olarak kabul edilir. Bu durumda uydunun hızı;

$$\frac{mv_0^2}{r_0} = \frac{\gamma m_D m}{r_0^2}; v_0 = \sqrt{\frac{\gamma m_D}{r_0}}$$

olur. Uydu için enerji korunumu yasasını;

$$E = \frac{mv_0^2}{2} - \frac{\gamma m_D m}{r_0} = -\frac{\gamma m_D m}{2r_0}$$

şeklinde yazabiliriz. Direniş kuvvetinin etkisi ile uydunun hızı ve yörüngenin yarıçapı azalmaktadır. Enerji değişimi;

$$dE = \left( \frac{\gamma m_D m}{2r^2} \right)_{r=r_0} dr = \frac{\gamma m_D m}{2r_0^2} dr$$

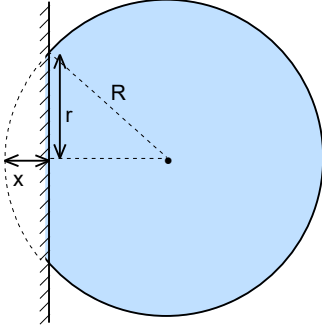
direniş kuvvetinin yaptığı iş;

$$dW = -dE; -Fd\ell = -Fv_0 dt = -kv_0^{n+1} dt = -\frac{\gamma m_D m dr}{2r_0^2} = -\frac{\gamma m_D m \xi dt}{2r_0^2}$$

olarak yazılabilir. Buradan;

$$k \left( \sqrt{\frac{\gamma m_D}{r_0}} \right)^{n+1} = \frac{\gamma m_D m \xi}{2r_0^2}; r_0^{-\frac{n+1}{2}} = r_0^{-2} \left( \frac{\gamma m_D}{r_0} \right)^{\frac{n+1}{2}}; n=3; k = \frac{\xi m}{2\gamma m_D}$$

olarak bulunur.



4. Çarpışma anında top deforme oluyor. Duvara yaslanan dairenin yarıçapı  $r$ , kürenin tepe noktasından bu daireye kadar olan uzaklık  $x$  olsun. Pisagor teoreminden ( $x \ll R$  göz önüne alarak);

$$r^2 = R^2 - (R-x)^2 \approx 2Rx$$

bulunur. Çarpışma esnasında meydana gelen kuvvet için

$$F=ma = -\Delta P \pi r^2 = -2\pi R \Delta P x; \ddot{x} + \frac{2\pi R \Delta P x}{m} = 0$$

yazabiliriz. Bu titreşimin frekansı ve çarpışma süresi

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{2\pi R \Delta P}{m}}; k = 2\pi R \Delta P; t = \frac{T}{2} = \sqrt{\frac{\pi m}{2R \Delta P}}$$

olarak bulunur. Maksimum sıkışmada

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{kx_{\text{mak}}^2}{2}; x_{\text{mak}} = \sqrt{\frac{mv_0^2}{2\pi R \Delta P}}$$

yazabiliriz. Topun bıraktığı izin çapı

$$d = 2r_{\text{mak}} = \sqrt{8Rx_{\text{mak}}} = 4 \sqrt{\frac{32mRv_0^2}{\pi \Delta P}}$$

olarak bulunur.

5. Musluktan geçen moleküllerin sayısı küçük  $dt$  zamanda;

$$dN = -\frac{n_0 S v dt}{6} = -\frac{N v S dt}{6V}; v = \sqrt{\frac{3kT}{m}} = \sqrt{\frac{3RT}{\mu}}$$

olarak yazılabilir. İntegrasyon sonucu;

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\int_0^t \frac{S v dt}{8\pi r^3}; t = \frac{8\pi r^3}{S v} \ln \frac{N_0}{N} = \frac{8\pi r^3}{S v} \ln \frac{P_0}{P} = \frac{8\pi r^3 \ln 2}{S v}$$

olarak bulunur. Maxwell dağılımını dikkate alarak musluktan geçen moleküllerin sayısı;

$$dN = -\frac{n_0 S \bar{v} dt}{4} = -\frac{N S \bar{v} dt}{4V}; \bar{v} = \sqrt{\frac{8RT_0}{\pi \mu}}$$

olarak yazılabilir. Burada  $\bar{v}$  moleküllerin aritmetik ortalama hızıdır. İntegrasyon sonucu;

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = -\int_0^t \frac{3S \bar{v} dt}{16\pi r^3}; \ln \frac{N}{N_0} = -\frac{3S \bar{v} t}{16\pi r^3}; t = \frac{16\pi r^3}{3S \bar{v}} \ln \frac{N_0}{N} = \frac{16\pi r^3}{3S \bar{v}} \ln \frac{P_0}{P} = \frac{16\pi r^3 \ln 2}{3S \bar{v}}$$

olarak bulunur.

6. Birinci termodinamik yasası için;

$$\Delta Q = \Delta A + \Delta U = d\bar{W} + dU; d\bar{W} = PdV; dU = c_v dT; c_v = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_V = \left(\frac{dU}{dT}\right)_V = \frac{iR}{2}$$

yazabiliriz. Burada  $d\bar{W}$  yapılan iş,  $dU$  sistemin bir molün iç enerji değişimi olur. Sabit hacimde molar kapasitesi;

$$c_p = \left(\frac{dQ}{dT}\right)_P = \left(\frac{dA}{dT}\right)_P + \left(\frac{dU}{dT}\right)_P = R + \frac{iR}{2} = \frac{(i+2)R}{2} = R + c_v$$

sabit basınçta molar kapasitesi olarak yazılabilir. İki molar kapasitenin oranı;

$$\gamma = \frac{c_p}{c_v} = \frac{i+2}{i}$$

olur. Burada  $i$  serbestlik derecesi,  $R$  ise gaz sabiti olarak bilinmektedir. Adyabatik prosesler için sisteme verilen ısı sıfırdır.

$$PdV + c_v dT = 0$$

Bir mol gaz için;

$$PV = RT$$

yazılabilir. Birinci termodinamik yasasına bu ifadeleri koyduğumuzda;

$$\frac{RTdV}{V} + c_v dT = 0; \frac{(c_p - c_v)dV}{V} + \frac{c_v dT}{T} = 0; \frac{(\gamma - 1)dV}{V} + \frac{dT}{T} = 0$$

denklemini elde edilir. İntegrasyondan sonra;

$$TV^{\gamma-1} = \text{sabit}; PV^\gamma = \text{sabit}; T^\gamma P^{1-\gamma} = \text{sabit}$$

olarak bulunur. Birinci kompresörün gaz denklemini için;

$$P_0 V_0 = nRT_0; P_a V_a = nRT_a$$

adyabatik proses için;

$$P_0 V_0^\gamma = P_a V_a^\gamma$$

kompresörün yaptığı iş için;

$$\begin{aligned} \bar{W}_1 = \Delta U_1 = nc_v \Delta T_1 = nc_v (T_a - T_0) &= \frac{nR(T_a - T_0)}{\gamma - 1} = \frac{P_a V_a}{\gamma - 1} - \frac{P_0 V_0}{\gamma - 1} = \\ &= \frac{P_a V_0}{\gamma - 1} \left(\frac{P_0}{P_a}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - \frac{P_0 V_0}{\gamma - 1} = \frac{P_a V_0}{\gamma - 1} \left(\frac{P_0}{P_a}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \left(\frac{P_0}{P_a}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - \frac{P_0 V_0}{\gamma - 1} = \frac{P_0 V_0}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{P_0}{P_a}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right] = \frac{P_0 V_0}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{V_0}{V_a}\right)^{\gamma-1} - 1\right] \end{aligned}$$

olarak bulunur. Bundan sonra gazın sıcaklığı  $V_a$  hacminde ilk sıcaklığa kadar düşmektedir. Bu durumda proses izokoriktir.

$$\frac{P_a}{T_a} = \frac{P_b}{T_0}; P_b = \frac{P_a T_0}{T_a}$$

Bu durumda gaz denklemini;

$$P_b V_a = nRT_0 = P_0 V_0$$

adyabatik proses için;

$$P_b V_a^\gamma = P_s V_s^\gamma$$

olur. İkinci kompresörün yaptığı iş için;

$$\begin{aligned} \bar{W}_2 = \Delta U_2 = nc_v \Delta T_2 = nc_v (T_s - T_0) &= \frac{3nR(T_s - T_0)}{\gamma - 1} = \frac{P_s V_s}{\gamma - 1} - \frac{P_b V_a}{\gamma - 1} = \frac{P_s V_a}{\gamma - 1} \left(\frac{P_a}{P_s}\right)^{\frac{1}{\gamma}} - \frac{P_b V_a}{\gamma - 1} = \\ &= \frac{P_s V_a}{\gamma - 1} \left(\frac{P_a}{P_s}\right)^{\frac{1}{\gamma}} \left(\frac{P_a}{P_s}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - \frac{P_b V_a}{\gamma - 1} = \frac{P_b V_a}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{P_s}{P_a}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right] = \frac{P_0 V_0}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{P_s}{P_a}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1\right] = \frac{P_0 V_0}{\gamma - 1} \left[\left(\frac{V_a}{V_s}\right)^{\gamma-1} - 1\right] \end{aligned}$$

olarak bulunur. Yapılan toplam iş;

$$W = W_1 + W_2 = \frac{P_0 V_0}{\gamma - 1} \left[ \left(\frac{V_0}{V_a}\right)^{\gamma-1} + \left(\frac{V_a}{V_s}\right)^{\gamma-1} - 2 \right]$$

olur. Bu ifadenin ara hacmine göre türevi sıfır ise yapılan iş minimum olur.

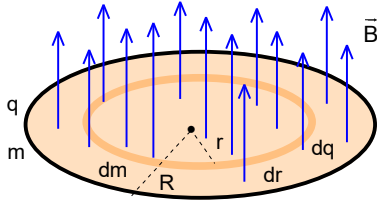
$$-(V_0)^{\gamma-1} (\gamma - 1) V^{-\gamma} + \left(\frac{1}{V_s}\right)^{\gamma-1} (\gamma - 1) V^{\gamma-2} = 0, V_a = \sqrt{V_0 V_s}$$

Buradan minimum iş;

$$W_{\min} = \frac{2P_0V_0}{\gamma-1} \left[ \left( \frac{V_0}{V} \right)^{\frac{\gamma-1}{2}} - 1 \right]$$

olarak bulunur.





7. r yarıçapında ve dr genişliğinde bir halka seçtiğimizde bu halkanın alanı;

$$dS=2\pi r dr$$

yükü;

$$dq = \frac{q dS}{\pi R^2} = \frac{2q r dr}{R^2}$$

olarak verilir. Yarıçapı  $r < R$  bir daire içinde manyetik indüksiyon alanının değişimi sonucu bir e.m.k. indükte ediliyor. Bu indükte edilmiş e.m.k. rotasyonel elektrik alan yaratmaktadır. Rotasyonel elektrik alan diskin dönmelerini sağlamaktadır. İndükte edilmiş e.m.k.;

$$\mathcal{E}_{in} = - \frac{d\Phi}{dt} = - \frac{d(\pi r^2 B)}{dt} = -\pi r^2 \frac{dB}{dt} = \pi r^2 \frac{B}{\tau}$$

olarak bulunur. Burada  $\tau$  manyetik indüksiyon alanının sıfıra kadar düşmesi için geçen süredir. Dolanım teoremin yardımı ile rotasyonel elektrik alan;

$$\mathcal{E}_{in} = E \cdot 2\pi r; E = \frac{rB}{2\tau}$$

bu alanın uyguladığı moment ve toplam moment;

$$dM = dF \cdot r = dq \cdot E \cdot r = - \frac{q \cdot 2r dr}{R^2} \cdot \frac{rB}{2\tau} \cdot r; M = \int_0^R \frac{qBr^3 dr}{R^2 \tau} = \frac{qBR^2}{4\tau}$$

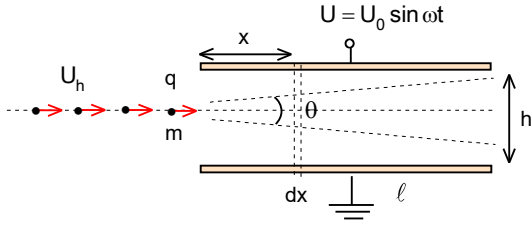
olur. Bu momentin etkisi ile disk dönmektedir. Bu durumda;

$$M = J\alpha = \frac{mR^2}{2} \cdot \frac{d\omega}{dt} = \frac{mR^2}{2} \cdot \frac{\omega_0}{\tau}; J = \frac{mR^2}{2}$$

yazabiliriz. Diskin kazandığı açısal hız ve kinetik enerji;

$$\omega_0 = \frac{qB}{2m}; \mathcal{E}_k = \frac{J\omega_0^2}{2} = \frac{q^2 B^2 R^2}{16m}$$

olarak bulunur.



8. Sapma açısını bulmak için sabit elektrik alanında yüklü parçacıkların sapmasını bulmada kullandığımız yöntemi kullanabiliriz. Bu yöntemde parçacıkların;

$$t = \frac{\ell}{v_0}$$

süre ile;

$$E = \frac{U}{h}$$

elektrik alanında dik yönde kazandıkları ivme ve hız;

$$a_y = \frac{qE}{m}; v_y = a_y t = \frac{qEt}{m}$$

parçacıkların hareket yönündeki hızı;

$$v_0 = \sqrt{\frac{2qU_h}{m}}$$

ve parçacığın sapma açısı;

$$\tan\theta = \frac{v_y}{v_x} = \frac{U\ell}{2hU_h}$$

olarak bulunur. Bu yöntem sadece sabit elektrik alan için geçerlidir. Uygulanan gerilim alternatif ise yüklü parçacıklar kondansatörün giriş noktasından x uzakta bulunan çok küçük dx uzunlukta çok kısa bir paralel levhali eleman kondansatör seçebiliriz. Bu küçük elemanı geçme süresi;

$$dt = \frac{dx}{v_0}$$

olur. Yüklü parçacığın kondansatöre girişi herhangi bir τ zamanında ise x uzaklıktaki dx uzunluktaki parçaya gelene kadar geçen zaman;

$$t = \frac{x}{v_0}$$

seçilen küçük parçada parçacığın sapma açısı ve toplam sapma açısı;

$$d(\tan\theta) = \frac{Udx}{2hU_h} = \frac{U_0 \sin \frac{\omega x}{v_0} dx}{2hU_h}$$

$$\tan\theta = \int_0^\ell \frac{U_0 \sin \frac{\omega x}{v_0} dx}{2hU_h} = -\frac{U_0 v_0}{2h\omega U_h} \cos \frac{\omega x}{v_0} \Big|_0^\ell = -\frac{U_0 v_0}{2h\omega U_h} \left( \cos \frac{\omega \ell}{v_0} - 1 \right) = \frac{U_0}{h\omega} \sqrt{\frac{q}{2mU_h}} \left( 1 - \cos \omega \ell \sqrt{\frac{m}{2qU_h}} \right)$$

demetin dağılıma açısı;

$$\delta = 2 \arctan \frac{U_0}{h\omega} \sqrt{\frac{q}{2mU_h}} \left( 1 - \cos \omega \ell \sqrt{\frac{m}{2qU_h}} \right)$$

olarak bulunur. Bu yöntemle elektron tüplerde elektronlar saptırılabilir veya duyarlı kütle spektrometrelerde kullanılabilir. Demetteki parçacıkların sapmaması için;

$$\omega \ell \sqrt{\frac{m}{2qU_h}} = 2n\pi$$

olmalıdır. Burada n=1, 2, 3 ..... tam sayılardır. Yüklü parçacıkların yüksek frekanslı alternatif alanındaki sapma artık uygulanan alanının frekansına bağlıdır. Aynı sonuca daha kolay yoldan da ulaşabiliriz. Dikey yönde kazanılan hız;

$$v_y = \int_0^t a_y dt = \int_0^t \frac{qU_0 \sin \omega t dt}{mh} = -\frac{qU_0}{mh\omega} \cos \omega t \Big|_0^t = \frac{qU_0 (1 - \cos \omega t)}{mh\omega}$$

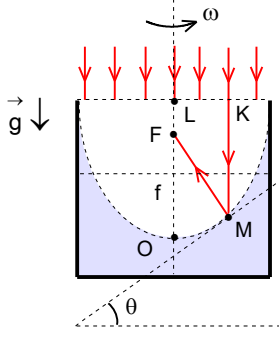
sapma açısı;

$$\tan\theta = \frac{v_y}{v_0} = \frac{qU_0 (1 - \cos \omega t)}{mh\omega v_0} = \frac{U_0}{h\omega} \sqrt{\frac{q}{2mU_h}} \left( 1 - \cos \omega \ell \sqrt{\frac{m}{2qU_h}} \right)$$

ve demetin sapma açısı;

$$\delta = 2 \arctan \frac{U_0}{h\omega} \sqrt{\frac{q}{2mU_h}} \left( 1 - \cos \omega \ell \sqrt{\frac{m}{2qU_h}} \right)$$

olarak bulunur.



9. a) Sıvının en üst tabakasından alınan her hangi küçük bir parçaya etki eden kuvvetler tepki kuvveti ve ağırlık kuvvetidir.

$$N \sin \theta = m \omega^2 x; N \cos \theta = mg; \tan \theta = \frac{\omega^2 x}{g} = \frac{dy}{dx}$$

Sıvının şekli integasyondan sonra;

$$y = \frac{\omega^2 x^2}{2g}$$

olarak bulunur. Bu bir parabol denklemdir. Maksimum yükselme  $x=R$  için;

$$y_{\text{mak}} = \frac{\omega^2 R^2}{2g}$$

olur. Basınç

$$P = \rho gh = \rho g(y_{\text{mak}} - y) = \frac{\rho \omega^2 (R^2 - x^2)}{2}$$

olarak bulunur.

b) F ve K noktalarından geçerek düşey yönde gelen ışınların F noktasında odaklanması için iki farklı ışının optik yolları Fermat prensibine göre eşit olmalıdır. Bu koşuldun;

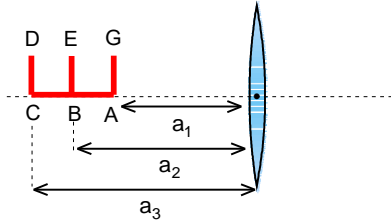
$$2FO = KL + LF; 2f = f + y + \sqrt{x^2 + (f - y)^2}$$

$$(f + y)^2 = x^2 + (f - y)^2; y = \frac{x^2}{4f}$$

elde edilir. Karşılaştırırsak teleskopun odak uzaklığı;

$$\frac{\omega^2 x^2}{2g} = \frac{x^2}{4f}; f = \frac{g}{2\omega^2}$$

olarak bulunur.



10. Mercek formülü için;

$$k_1 = \frac{b_1}{a_1} \Rightarrow b_1 = k_1 a_1; \frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f}; \frac{1}{a_1} + \frac{1}{k_1 a_1} = \frac{1}{f}$$

$$a_1 = \frac{(k_1 + 1)f}{k_1}; b_1 = k_1 \cdot \frac{(k_1 + 1)f}{k_1} = (k_1 + 1)f$$

$$k_3 = \frac{b_3}{a_3} \Rightarrow b_3 = k_3 a_3; \frac{1}{a_3} + \frac{1}{b_3} = \frac{1}{f}; \frac{1}{a_3} + \frac{1}{k_3 a_3} = \frac{1}{f}$$

$$a_3 = \frac{(k_3 + 1)f}{k_3}; b_3 = k_3 \cdot \frac{(k_3 + 1)f}{k_3} = (k_3 + 1)f$$

yazabiliriz. AC çubuğun boyca büyütmesi;

$$k_4 = \frac{b_1 - b_3}{a_3 - a_1} = \frac{(k_3 + 1)f - (k_1 + 1)f}{\frac{(k_3 + 1)f}{k_3} - \frac{(k_1 + 1)f}{k_1}} = k_1 k_3$$

BE çubuğun boyca büyütmesi;

$$a_2 = a_1 + \frac{a_3 - a_1}{2} = \frac{a_1 + a_3}{2}; a_2 = \frac{\frac{(k_1 + 1)f}{k_1} + \frac{(k_3 + 1)f}{k_3}}{2} = \frac{(2k_1 k_3 + k_1 + k_3)f}{2k_1 k_3}$$

$$\frac{2k_1 k_3}{(2k_1 k_3 + k_1 + k_3)f} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{f}; b_2 = \frac{(2k_1 k_3 + k_1 + k_3)f}{k_1 + k_3}; k_2 = \frac{b_2}{a_2} = \frac{2k_1 k_3}{k_1 + k_3}$$

olarak bulunur. Soruyu sayısal değerleri kullanarak da çözebiliriz. Bu durumda;

$$k_1 = \frac{b_1}{a_1} = 6 \Rightarrow b_1 = 6a_1$$

$$\frac{1}{a_1} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{a_1} + \frac{1}{6a_1} = \frac{1}{f}; a_1 = \frac{7f}{6}; b_1 = 6 \cdot \frac{7f}{6} = 7f$$

$$k_3 = \frac{b_3}{a_3} = 3 \Rightarrow b_3 = 3a_3$$

$$\frac{1}{a_3} + \frac{1}{b_3} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{a_3} + \frac{1}{3a_3} = \frac{1}{f}; a_3 = \frac{4f}{3}; b_3 = 3 \cdot \frac{4f}{3} = 4f$$

olur. AC çubukların boyca büyütmesi;

$$k_{AC} = \frac{b_3 - b_1}{a_3 - a_1} = \frac{7f - 4f}{\frac{4f}{3} - \frac{7f}{6}} = 18$$

EB çubuğunun boyca büyütmesi;

$$a_2 = a_1 + \frac{a_3 - a_1}{2} = \frac{a_1 + a_3}{2} = \frac{\frac{7f}{6} + \frac{4f}{3}}{2} = \frac{5f}{4}$$
$$\frac{1}{a_2} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{4}{5f} + \frac{1}{b_2} = \frac{1}{f}; b_2 = 5f; k_2 = \frac{b_2}{a_2} = \frac{5f}{\frac{5f}{4}} = 4$$

olarak bulunur.