Mekanik Problemleri

Bölüm-1 Newton kanunlar

Tek boyutta hareket

İki boyutta hareket

Üç boyutta hareket

Problem-1 Korunumlu **(**konservatif) bir kuvvetin etki ettiği bir parçacığın hareket denkleminin

$$t-t_0=\int_{x_0}^{x}\frac{dx}{\sqrt{2/m}\left(E-V(x)\right)}$$

Olduğunu gösteriniz.

Çözüm:

$$E=\left(1/2\right)m\left(\frac{dx}{dt}\right)^2+V(x)$$

$$\frac{dx}{dt}=\sqrt{\frac{2}{m}}\left(E-V(x)\right)$$

$$dt=\frac{dx}{\sqrt{2/m\left(E-V\right)}},$$

$$t-t_0=\int_{x_0}^{x}\frac{dx}{\sqrt{2/m}\left(E-V(x)\right)}$$

Bulunur.

Problem2-Aynı bir doğru üstünde eşit frekansta basit harmonik hareket yapan salınıcılardan birini genliği diğerinin iki katıdır. Arlarındaki faz farkı $\frac{\pi}{2}$ ise iki salıcının üst üste binmesi halinde toplam salınım hareketinin genliğinin birinci salınıcının genliğini $\sqrt{5}$ katı ve birinci salınıcıya göre faz farkının $\theta = \arctan 2$ olduğunu gösteriniz

Çözüm:

X_1=ACos(wt) X_2=2ACos(2wt+$\frac{\pi}{2}$) $\longrightarrow$ X=X_1+X_2=ACos(wt)+2ACos(2wt)

X=ACos(wt) +2ACos(wt)Cos($\frac{\pi}{2}$)-2Asin(wt)Sin($\frac{\pi}{2}$)

X=A$\left[Cos(wt) - 2Sin(wt)\right] = A\sqrt{5}\left[(1/\sqrt{5})Cos(wt) - (2/\sqrt{5})Sin(wt)\right]$

Kenar uzunlukları 1,2, $1/\sqrt{5}$ olan üçgende $\frac{Cos\theta}{1} = \frac{Sin\theta}{2} = \frac{1}{\sqrt{5}}$ Bağıntısı vardır..Buna göre

X=A$\sqrt{5}$ $\left[Cos\theta Cos(wt) - Sin\theta Sin(wt)\right]$=A$\sqrt{5}$ $Cos(wt+\theta)$ .Buradan

tgθ=2$\longrightarrow$ $\theta = arc\tan 2$,

Bulunur.

Problem-3-Bir parçacık bir doğru üzerinde o noktası etrafında *A* genliği ile salınım yapıyor. o'dan *X* kadar uzakta kuvvet, o noktasına doğru mw^2x ile veriliyor. O noktasından $A\sqrt{3}/2$ uzaklığında parçacığın hızı, o noktasından dışa doğru *wA* kadar artırılırsa yeni genliğin A$\sqrt{3}$ olacağını gösteriniz.

Çözüm:

Kuvvet=$F(x)=mw^2x$ ise hareket denklemi=*x=ACos(wt).*

Hız=$\frac{dx}{dt}$=*AwSin(wt)=Aw*$\left[\sqrt{1-A^2Cos^2(wt)}\right] = w\sqrt{A^2-x^2}$.

$x=\frac{A\sqrt{3}}{2}$ deki hız $\rightarrow$ $\frac{dx}{dt}$=$w\sqrt{A-\left(A\sqrt{3}/2\right)^2} = \frac{wA}{2}$.

Bu koşulları sağlayan yeni hareket denklemi,

$x=C_1Cos(wt)+C_2Sin(wt)$.

t=0 da, $x=\frac{A\sqrt{3}}{2} \longrightarrow \left(A\sqrt{3}/2\right)$=$C_1Cos0+C_2Sin0 \rightarrow C_1=$ $A\sqrt{3}\big/_2$.

$\frac{dx}{dt}=$ $C_1Sin(wt)+C_2Cos(wt)$

t=0, da, $\frac{dx}{dt}=\frac{3A}{2}$ =$C_1w\ Sin0+C_2wCos0 \rightarrow C_2=\frac{3A}{2}$

C_1,C_2 sabitlerinin hesaplanan değerlerine göre hareket denklemi

x= $A\sqrt{3}\big/_2$.*Cos(wt)+* $\sqrt{3}\big/_2$ Sin(wt) $\rightarrow$x= $A\sqrt{3}\left[\frac{1}{2}Cos(wt)+\frac{\sqrt{3}}{2}Sin(wt)\right]$

x= $A\sqrt{3}\left[os\frac{\pi}{3}Cos(wt)C+Sin\frac{\pi}{3}Sin8wt)\right]=A\sqrt{3}(Cos(wt-\frac{\pi}{3})$

Görüldüğü gibi yeni harmonik hareketin yeni genliği problemde istenen $A\sqrt{3}$.

Problem-4: Boyu L esneklik modülü e olan ağırlıksız bir yayın ucuna m kütlesi bağlanıp bir yere bağlanıyor. Kütlenin basit harmonik hareketinin periyodunun $2\pi\sqrt{mL/eg}$. Olduğunu gösteriniz.

Çözüm: Newton hareket denklemi,

$$m\frac{d^2x}{dt^2}=mg-eg\frac{x-L}{L}=g-\frac{eg}{mL}(x-L)=-\frac{eg}{mL}x+g+\frac{e}{m}g$$

$$\frac{d^2x}{dt^2}+\frac{eg}{mL}x=g(\frac{m+n}{m}).$$

Bu şartlar altındaki hareket denkleminin çözümü,

x=$C_1 Cos\left[\sqrt{\frac{eg}{mL}}t+C_2\right]+\frac{m-e}{m}g$

Buradan problemde istenen sonuç

$$w=\sqrt{eg\big/_{mL}}=\frac{2\pi}{T}\rightarrow T=2\pi\sqrt{\frac{mL}{eg}}.$$

Elde edilir.

Problem-5

Uzunlukları $2L_1$ ve $2L_2$ boyca yoğunlukları λ_1 ve λ_2 olan iki sicim bağlanarak kalın bir tahta çiviye dengede kalacak şekilde asılıyor.Sisteme küçük bir tedirginlik uygulandığında meydana gelecek salınım hareketinin periyodunun ,

$$2\pi\sqrt{\frac{\lambda_1 L_1+\lambda_2 L_2}{\left(\lambda_1-\lambda_2\right)g}}$$

Olduğunu gösteriniz.

Çözüm: Bağlı iplerden oluşan sistemin asıldığı noktanın iki tarafındaki uzunlukları, $(L_1+x)+(L_2+x)$ ve $(L_1+x)+(L_2-x)$ .Buna göre hareket denklemi

$$(2L_1\lambda_1+2L_2\lambda_2)\frac{dx}{dt}=g\left[\lambda_1(L_1-x)+\lambda_2(L_2-x)-\lambda_1(L_1+x)-\lambda_2(L_2-x)\right]$$

$$=2g(\lambda_2-\lambda_1)x$$

Yeni şekli ile hareket denklemi,

$\dfrac{dx}{dt}+W^2x=0$. Burada $W^2=\dfrac{\lambda_1-\lambda_2}{L_1\lambda_1+L_2\lambda_2}$,ile tanımlanır.

Hareketin periyodu ise

$$T=\frac{2\pi}{W}=2\pi\left[\frac{\lambda_1 L_1+\lambda_2 L_2}{\lambda_1-\lambda_2}g\right]^{1/2}$$

Problem-6

Yer-çekim kuvveti, cisim ve yerkürenin merkezi arasındaki uzaklığın karesi ile ters orantılıdır. Yer-çekim ivmesi g ile veriliyor. h kadar yüksekte bulunan bir cismin yeryüzüne düşüş zamanın

$$\sqrt{\frac{R+h}{2g}}\left[\frac{R+h}{R}Sin^{-1}\sqrt{h/_{R+h}}+\sqrt{h/_{R}}\right]$$

Olduğunu gösteriniz. Burada R yerküre yarıçapını temsil etmektedir. Hava sürtünmesini ihmal ediniz. h yarıçap R den çok küçükse düşüş zamanın,

$$\sqrt{\frac{2h}{g}}\left[1+\frac{5h}{6R}\right],$$

Olduğunu gösteriniz.

Çözüm: Hareket denklemi

$$\frac{d^2x}{dt^2}=-\frac{\lambda}{x^2}\rightarrow x=R\rightarrow\frac{d^2x}{dt^2}=g$$
$$g=-\frac{\lambda}{R^2}\rightarrow\lambda=-gR\rightarrow\frac{d^2x}{dt^2}=\frac{gR}{x^2}$$

g yerküreden *x* uzaklığındaki çekim ivmesini göstermektedir. Bu problemde göz önüne alınan husus yer-çekim ivmesinin yükseklikle değişimidir. Genelde serbest düşme problemlerinde er-çekim ivmesi yeryüzündeki ivme *g* olarak alınır. *g'nin* yükseklik ile değişimi ihmal edilir.

$\frac{d^2x}{dt^2}=\frac{gR}{x^2}$ Yerküreden x uzaklığındaki çekim ivmesi, eşitliğin her iki tarafını $2\frac{dx}{dt}$ ile çarpar entegral alınırsa,

$$\left(\frac{dx}{dt}\right)^2=\frac{2gR}{x}+C,$$

bulunur. Burada C entegral sabitini göstermektedir. Başlangıç şartlarından C sabitinin değeri

$$x = h + R, \frac{dx}{dt} = 0 \rightarrow C = -\frac{2gR}{h+R}$$

Olarak bulunur. Bu değer yerine konulduğunda hareket denklemi

$$\frac{dx}{dt} = \sqrt{2gR}\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{h+R}\right)^{1/2}$$ Bulunur. Buradan *x*'i *t* 'ye bağlayan diferansiyel denklem,

$$\frac{dx}{dt} = \sqrt{2gR(\frac{R+H-x}{x(R+H)}} \rightarrow \sqrt{\frac{x}{(r+h-x)}}dx = \sqrt{\frac{2gR^2}{R+h}}dt$$

dönüşür. Bu diferansiyel denklemin çözümü için ,

$$x = (R+h)Cos^2\theta \rightarrow dx = 2(R+h)Cos\theta Sin\theta d\theta\,,$$

değişken değiştirmesi yapılır. Buna göre diferansiyel denklem,

$$\sqrt{\frac{2gR^2}{R+h}}dt = 2(R+h)\int_{R+h}^{R} Cos^2\theta.d\theta$$

$$(R+h)\int_{R+h}^{R}(1+Cos2\theta)d\theta = (r+h)(\theta - \tfrac{1}{2}Sin2\theta)_{R+h}^{R}$$

$$=(R+h)\left[Cos^{-1}\sqrt{\frac{x}{R+h}} + \sqrt{\frac{x}{R+h}}(\sqrt{1-\frac{x}{R+h}}\right]_{R+h}^{R}$$

$$=(R+h)\; Cos^{-1}\sqrt{\frac{R}{R+h}} + \sqrt{\frac{R}{R+h}}\sqrt{1-\frac{R}{R+h}}\,,$$

elde edilir. Buradan *t* ifadesi çekilir:

$$t=\sqrt{\frac{R+h}{2g}}\left[\left(\frac{R+h}{R}Cos^{-1}\sqrt{\frac{R}{R+h}}\right)+\sqrt{\frac{h}{R}}\right]$$

$$t=\sqrt{\frac{R+h}{2g}}\left[\left(\frac{R+h}{R}Sin^{-1}\sqrt{\frac{h}{R+h}}\right)+\sqrt{\frac{h}{R}}\right]$$

h'ye göre *R+h* çok büyükse , $Sin^{-1}\theta$ seriye açınımı

$$Sin^{-1}\theta=\theta+\frac{\theta^3}{6}+\frac{1}{2}\frac{3}{4}\frac{\theta^5}{5}......$$

Açılımın ilk iki terimi alınırsa

$$t=\sqrt{\frac{R+h}{2g}}\left[\frac{R+h}{R}\left(\sqrt{\frac{h}{R+h}}\right)+\frac{1}{6}\left(\frac{h}{R+h}\right)^{3/2}+..\left(\sqrt{\frac{h}{R}}\right)\right],$$

$$t=\sqrt{\frac{h}{2g}}\left[\frac{R+h}{R}+\frac{1}{6}\frac{h}{R}+\sqrt{\frac{R+h}{R}}\right],$$

$$t=\sqrt{\frac{h}{2g}}\left[1+\frac{h}{R}+\frac{1}{6}\frac{h}{R}+......+1+\frac{h}{2R}\right]$$

$$t=\sqrt{\frac{2h}{g}}\left[1+\frac{5}{6}\frac{h}{R}\right],$$

Bulunur.

Problem-7

Merkezden *C* kadar uzakta bir noktadan harekete geçen ve merkeze *x* uzaklığında bulunduğunda ivmesi μ x^{-2} olan parçacığın, *x* noktasındaki hızının

$$\sqrt{\frac{C}{2\mu}}\left[\sqrt{x^2-Cx}+C\log_e(\sqrt{\frac{x}{C}}+\sqrt{\frac{x-C}{C}})\right]$$

Olduğunu gösteriniz.

Çözüm:

İvme $=\frac{d^2x}{dt^2}=\frac{\mu}{x^2}\rightarrow\frac{d^2x}{dt^2}=\frac{dv}{dt}=v\frac{dv}{dx}=\frac{\mu}{x^2}$ olur.

İki tarafın entegrali, alınırsa,

$$v^2 = -2\frac{\mu}{x} + e$$

Elde edilir. Burada *e* entegral sabitini göstermektedir.

$x = C$ de $v = 0 \rightarrow e = \dfrac{2\mu}{c}$ olur. Buradan $v = \sqrt{2\mu\dfrac{x-C}{xC}}$ elde edilir.

x yolunu almak için geçen zaman,

$$\frac{dx}{dt} = \sqrt{2\mu\frac{x-C}{xC}}$$

Hızı ifade eden diferansiyel denklemin çözümünden bulunur.

$$dx\sqrt{\frac{x}{x-C}} = \sqrt{\frac{2\mu}{C}}dt$$

Eşitliğinin her iki tarafının entegrali alınarak,

$$t\sqrt{\frac{2\mu}{C}} = \int_C^x \left[\frac{2x-C}{2\sqrt{x^2-Cx}} + \frac{C}{2\sqrt{x^2-Cx}}\right]dx = \left[\sqrt{x^2-Cx} + C\log_e(\sqrt{x}+\sqrt{x-C}\right]_C^x$$

Buradan *t* çözülür,

$$t = \sqrt{\frac{C}{2\mu}}\left[\sqrt{x^2-Cx} + C\log_e\left(\sqrt{\frac{x}{c}} + \sqrt{\frac{x-C}{C}}\right)\right].$$

Problem-8

Bir noktasal parçacık bir doğru üzerinde bir merkeze doğru durgun halden başlayarak(μ/x^3) ivmesi ile hareket ediyor. Parçacık merkezden uzaklığı b olan noktadan c olan noktaya ulaşması için geçen zamanın $\dfrac{b\sqrt{b^2-c^2}}{\sqrt{\mu}}$ ve hızının $\sqrt{\mu(\dfrac{1}{c^2}-\dfrac{1}{b^2}}$) olduğunu gösteriniz.

Çözüm: ivme= $\dfrac{\mu}{x^3}$

$$\frac{d^2x}{dt^2}=\frac{d}{dt}(\frac{dx}{dt})=\frac{dv}{dt}=\frac{dv}{dx}v=-\frac{\mu}{x^3}$$
$$\int_0^v v.dv=-\int_c^b \frac{\mu}{x^3}dx \rightarrow \frac{v^2}{2}=\frac{\mu}{2x^2}.\Big]_b^c \rightarrow v=\sqrt{\mu(\frac{1}{c^2}-\frac{1}{b^2})}$$

Geçen zaman ise iki tarafın entegrali alınarak

$$\sqrt{\mu}t=b\sqrt{b^2-c^2} \rightarrow t=\frac{b\sqrt{b^2-c^2}}{\sqrt{\mu}},$$

Bulunur

Problem-9

Kütlesi m olan bir parçacığa merkeze yönelik $m\mu(x+\frac{b^4}{x^3})$ ile verilen bir kuvvet etkiyor. Parçacık durgun halden merkezden b uzaklığında bulunan bir noktadan harekete başlarsa merkeze ulaşma zamanının $\pi/4\sqrt{\mu}$ olduğunu gösteriniz.

Çözüm:

$$F=m\mu(x+\frac{b^4}{x^3}) \rightarrow a=-\mu(x+\frac{b^4}{x^3}),$$
$$a=\frac{dv}{dt}=v\frac{dv}{dx} \rightarrow v\frac{dv}{dx}=-\mu(x+\frac{b^4}{x^3})$$

Entegral alınırsa,

$$\frac{v^2}{2}=-\mu(\frac{x^2}{2}-\frac{1}{2}\frac{b^4}{x^2})$$
$$v=\sqrt{-2\mu(\frac{x^2}{2}-\frac{b^4}{2x^2})}$$

buradan,

$$v = \frac{dx}{dt} = \sqrt{+\mu(-x^2 + \frac{b^4}{x^2})},$$

$$\int_0^t \sqrt{\mu}dt = \int_b^0 (\frac{b^4}{x^2} - x^2)^{1/2} dx$$

$$\sqrt{\mu}dt = -\frac{1}{2}Sin^{-1}(\frac{x^2}{b^2})_b^0 = -\frac{1}{2}\left(0 - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$t = \frac{\pi}{4\sqrt{\mu}}$$

Bulunur.

Problem-10

Bir parçacık verilen bir noktadan *x* uzaklıkta $\left[\frac{\mu}{x^2} - \frac{\lambda}{x^3}\right]$ ivmesi ile bir doğru üzerinde belli bir noktaya doğru hareket ediyor. Parçacık harekete durgun halden b kadar uzakta bir noktadan başlıyor. Parçacığın *b* ve $\frac{\lambda b}{2\mu b - \lambda}$ noktaları arasında salınım yaptığını ve salınım periyodunun $\frac{2\pi\mu b^3}{(2b\mu - \lambda)^{3/2}}$ olduğunu gösteriniz. Burada λ, μ sabitleri göstermektedir.

Çözüm:

Hareketin *x* noktasındaki ivmesi=a=$-\left(\frac{\mu}{x^2} - \frac{\lambda}{x^3}\right)$,parçacığın hızı,

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dx}.\frac{dx}{dt} = v\frac{dv}{dx} \rightarrow \int_0^v v.dv = -\int_b^x \left(\frac{\mu}{x^2} - \frac{\lambda}{x^3}\right)dx$$

$$\frac{v^2}{2} = \mu\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{b}\right) - \frac{\lambda}{2}(\frac{1}{x^2} - \frac{1}{b^2})$$

$$v^2/2 = \mu\left(\frac{1}{x} - \frac{1}{b}\right) - \frac{\lambda}{2}\left(\frac{1}{x^2} - \frac{1}{a^2}\right)$$

$$v^2 = \frac{\lambda(b - x)}{\left(\frac{\lambda}{2b\mu - \lambda}\right)b^2x^2}\left(x - \frac{b\lambda}{2b\mu - \lambda}\right)$$

$x = b$ ve $x = \dfrac{b\lambda}{2b\mu - \lambda}$ noktalarında hız sıfırdır. Dolayısıyla parçacık bu iki nokta arasında salınım yapar. Salınım periyodu

$$\lambda \big/ (2b\mu - \lambda) = p$$

Tanımına göre

$$v = \frac{dx}{dt} = \sqrt{\frac{\lambda(b-x)(x-pb)}{pb^2x^2}} \rightarrow \sqrt{\frac{\lambda}{pb^2}}\int_0^\tau dt = -\int_b^{pb} \frac{xdx}{\sqrt{(b-x)(x-pb)}}$$

Olur. $x = b\sin^2\theta + pb\cos^2\theta$

Değişken değiştirmesi ile

$$\sqrt{\frac{\lambda}{pb^2}}\frac{\tau}{2} = \int_0^{\pi/2} 2b\left(\sin^2\theta + p\cos^2\theta\right)d\theta = \frac{\pi b}{2}(1+p)$$

Bulunur, buradan periyot

$$\tau = 2\frac{\pi b^2}{2}\sqrt{\frac{p}{\lambda}}(1+p) = \frac{2\pi\mu b^3}{(2\mu b - \lambda)^{3/2}}$$

Problem-11

Parçacık bir noktaya doğru, x o noktadan uzaklık olmak üzere $\dfrac{\mu}{x}$ ile verilen bir ivme ile hareket ediyor. Eğer b noktasından durgun halden harekete geçerse, o noktasına ulaşması için geçen zamanın $b\sqrt{\dfrac{\pi}{2\mu}}$ olduğunu gösteriniz.

Çözüm:

$a = -\dfrac{\mu}{x}$ Olduğuna göre parçacığın hızı

$$a = \frac{dv}{dt} = v\frac{dv}{dx} \rightarrow \int_0^v vdv = -\int_b^x \frac{\mu}{x}dx$$

Buradan hız

$$v=\sqrt{-2\mu\log\frac{x}{b}}$$

Elde edilir. Zamanı bulmak için

$$t=\frac{2b}{\sqrt{2\mu}}\int_0^\infty\frac{1}{\sqrt{-2\mu\log t/b}}dx$$

$$x=be^{-y^2}$$

Tanımını yaparak, zaman

$$t=\frac{2b}{\sqrt{2\mu}}\int_0^\infty e^{-y^2}dy=+\frac{2b}{\sqrt{2\mu}}\frac{\sqrt{\pi}}{2}=b\sqrt{\frac{\pi}{2\mu}}\,,$$

Bulunur.

Problem-12

Denge durumunda hareketsiz bir parçacığa uzaklıkla orantılı zıt yönlü iki kuvvet etkiyor. Birim kütleye birim kütleye uygulanan kuvvet sırasıyla μ ve μ' olarak veriliyor. Parçacığa b kadar küçük bir yer değiştirme yaptırılıp serbest bırakılıyor. Meydana gelen hareketin periyodunun

$$\frac{2\pi}{\sqrt{\mu+\mu'}}$$

Olduğunu gösteriniz.

Çözüm:

Parçacık denge durumundan b kadar uzaklaştırıldığında ivme:

$$a=\mu(b-x)-\mu'(b+x)$$

$$a=v\frac{dv}{dx}=\mu(b-x)-\mu'(b+x)\rightarrow\int vdv=\mu(bx-\frac{x^2}{2})-\mu'(b+\frac{x^2}{2})+c$$

$$v^2=2bx(\mu-\mu')-x^2(\mu+\mu')+2C$$

Başlangıç şartlarından

$$x = b \rightarrow v = 0 \rightarrow C = \frac{b^2}{2}(3\mu' - \mu)$$

Bulunur. Buradan hız

$$v = \sqrt{2b^2 x(\mu - \mu') - x^2(\mu + \mu') - b^2(3\mu' - \mu)}$$

$$v = \frac{dv}{dx} = \sqrt{2b^2 x(\mu - \mu') - x^2(\mu + \mu') - b^2(3\mu' - \mu)}$$

$$t = \int \frac{dx}{\sqrt{2b^2 x(\mu - \mu') - x^2(\mu + \mu') - b^2(3\mu' - \mu)}}$$

$$= \frac{1}{\sqrt{\mu + \mu'}} \arcsin\left[\frac{x - b}{2b\mu' / \mu + \mu'}\right]$$

$$x = \frac{2b\mu'}{\mu + \mu'} Sin(\sqrt{\mu + \mu'}t) + b$$

Elde edilir. Entegral alındıktan sonra $t = 0 \rightarrow x = b$ koşulun uygulanmıştır. Buradan salınım hareketinin periyodu:

$$\sqrt{\mu + \mu'} = \frac{2\pi}{T} \rightarrow T = \frac{2\pi}{\sqrt{\mu + \mu'}}$$

Bulunur.

Problem-13

Kütlesi 50 gr olan bir mermi, çapı 2cm namlu uzunluğu 8cm olan bir silahtan ateşleniyor. Barut gazının basıncı merminin arkasında kalan hacım ile ters orantılıdır. Silah ateşlendiğimde namlu içindeki basınç 10000N/cm^2 mermi namluyu terk ederken ise basınç 1000 N/cm^2 olacak şekilde düzenleniyor. Merminin çıkış hızının 1064,7 cm/s olduğunu gösteriniz.

Çözüm: silindir şeklindeki namlunun kesidi:

$S = \pi R^2$ İle verilir. Burada R namlunun yarıçapını göstermektedir. Mermiye uygulanan kuvvet:

$F = PS \rightarrow P$ Namluda barut gazının oluşturduğu basıncı göstermektedir. A gaza bağlı bir sabit olmak üzere basınç.

$P = \frac{A}{\pi R^2 x}$ ile verilir. Burada x mermi namlu üzerinde hareketli iken ateşleme noktasından olan uzaklığı göstermektedir. Ateşlendiği anada namlu içinde merminin arkasında kalan uzunluk a ise ilk ve son durumdaki basınçlardan