

DENEY 4

ÇARPIŞMALAR VE LİNEER MOMENTUMUN KORUNUMU

AMAÇ:

Deneyin amacı esnek ve esnek olmayan çarpışmalarda lineer momentum ve kinetik enerji korunumunu incelemektir.

GENEL BİLGİLER:

Bir nesnenin lineer momentumu $\vec{P}$; kütesinin ve hızının çarpımı şeklinde tanımlanır.

$$\vec{P} = m \vec{v} \quad (4.1)$$

Bu yüzden hareketsiz bir nesnenin lineer momentumu sıfır olacaktır. Bir de sabit bir kütleyle sahip olan nesne, hızı değişene kadar sabit momentuma sahip olacağı yukarıda ki tanımdan kolaylıkla anlaşılır. Burada lineer momentumdan kısaca momentum olarak bahsedeceğiz. Bununla birlikte sadece net bir dış kuvvet $\vec{F}_{ext}$ uygulandığı zaman nesnenin hızının değiştiğini biliyoruz ve bu da momentumun değişeceği anlamına gelir. Bu gerçek Newton'un ikinci yasasından görülebilir:

$$\vec{F}_{ext} = m \vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt} \quad (4.2)$$

m sabit olduğunda bu denklem

$$\vec{F}_{ext} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = \frac{d\vec{P}}{dt} \quad (4.3)$$

şeklinde yazılabilir. Yukarıdaki denklemden eğer bir nesnenin üzerine etki eden hiçbir net kuvvet yoksa bu nesnenin momentumu korunuyor anlamı çıkarılabilir. Yani zamanla değişmez. Eğer $\vec{F}_{ext} = 0$ olursa; o zaman,

$$\frac{d\vec{P}}{dt} = 0 \quad (4.4)$$

$$\vec{P} = \text{sabit} \quad (4.5)$$



Burada sabit derken, momentum zamanla değişmez yani tüm zamanlarda nesne aynı momentuma sahiptir.

$m_1, m_2, \dots, m_N$ kütleinin oluşturduğu N parçacıklı bir sistemin herhangi bir anlık zamandaki toplam momentumu, sistemi oluşturan parçacıkların momentumlarının vektörel toplamına eşittir:

$$\vec{P}_{tot} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \dots + \vec{P}_N \quad (4.6)$$

Burada $\vec{P}_1 = m_1 \vec{v}_1$, $\vec{P}_2 = m_2 \vec{v}_2, \dots$ ve benzeri olur.

Bu durumda denklem (4.3) genelleştirilirse;

$$\vec{F}_{ext} = \frac{d\vec{P}_{tot}}{dt} = \frac{d}{dt} (\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \dots + \vec{P}_N) \quad (4.7)$$

olur. Burada $\vec{F}_{ext}$, parçacıkların oluşturduğu sistemdeki net dış kuvvet anlamına gelir. Yani parçacıkların oluşturduğu sistemde birbirleri üzerindeki kuvvet (parçacıkların kuvvetleri), etkilerinden farklı bir kuvvettir. Bu dış kuvvetler sürtünme, yerçekimi olabilir. Bu yüzden parçacıkların oluşturduğu sisteme hiçbir net dış kuvvet etki etmiyorsa, sistemin toplam momentumu korunacaktır. Yani;

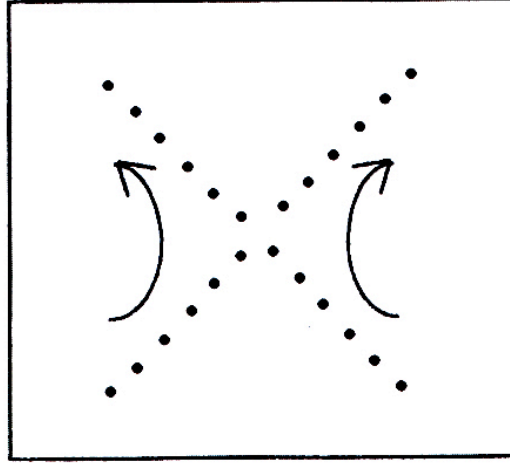
$$\frac{d\vec{P}_{tot}}{dt} = \frac{d}{dt} (\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \dots + \vec{P}_N) = 0 \quad (4.8)$$

$$\vec{P}_{tot} = \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \dots + \vec{P}_N = \text{sabit} \quad (4.9)$$

Hiçbir net dış kuvvetin etki etmediği parçacıkların oluşturduğu bir sistemin ya da izole edilmiş bir sistemin toplam momentumu zamanın herhangi bir anında aynı olacaktır.

Bu deneyde yatay konumdaki hava masasında hareket eden iki diskli sistemde momentumun korunumu araştırılacaktır. Yatay konumda olan ve sürtünmesi hemen hemen giderilmiş hava masası üzerine konmuş olan disklerin üstünde açıkça hiçbir net dış kuvvet oluşmaz. Bu nedenle disklerin toplam momentumunun korunacağını düşünüyöruz. Disklerin çarpışmaları sağlanır, çarpışmadan önceki ve sonraki toplam momentumları ölçölür ve karşılaştırılır. Veri kağıdımızda elde ettiğimiz noktaların biçimi aşağıda, şekil 4.1’de gösterilmiştir.





Şekil 4.1 Yatay konumdaki hava masasında esnek çarpışma yapan iki diskin veri noktaları

İki diskin çarpışmadan önceki hızları $\vec{v}_A$ ve $\vec{v}_B$, çarpışmadan sonraki hızları ise $\vec{v}_A'$ ve $\vec{v}_B'$ olacaktır. Sistemin izole edilmiş bir sistem olduğuna göre toplam momentum korunmuş olacaktır ve zamanın herhangi bir anı için;

$$\vec{P}_{tot} = \text{sabit} \quad (4.10)$$

$$\vec{P}_A + \vec{P}_B = \vec{P}_A' + \vec{P}_B' \quad (4.11)$$

Burada $\vec{P}_A = m_A \vec{v}_A$, $\vec{P}_B = m_B \vec{v}_B$,ve benzeri olur.

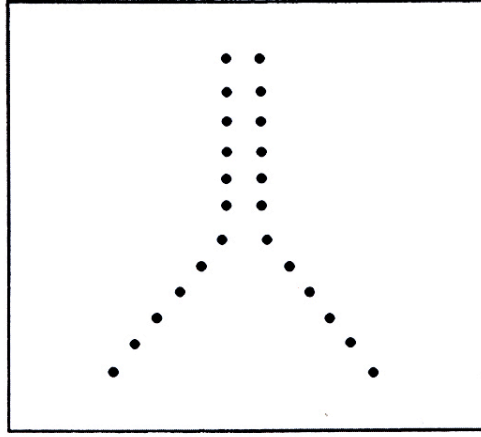
Disklerin kütleleri özdeş olduğuna göre yukarıdaki bağlantı

$$\vec{v}_A + \vec{v}_B = \vec{v}_A' + \vec{v}_B' \quad (4.12)$$

şekline dönüşür.

Sistem izole edilmiş bir sistem olduğuna göre tamamen esnek olmayan çarpışmada da momentum korunmaktadır. Bu çarpışmada iki disk birbirine yapışarak $2m$ kütleli bir nesne formunda $\vec{v}$ hızıyla hareket eder. Veri kağıdında ki noktalar aşağıda bulunan Şekil 4.2'ye benzemelidir.





Şekil 4.2 Yatay konumdaki hava masasında iki diskin tamamen esnek olmayan çarpışmadaki veri noktaları

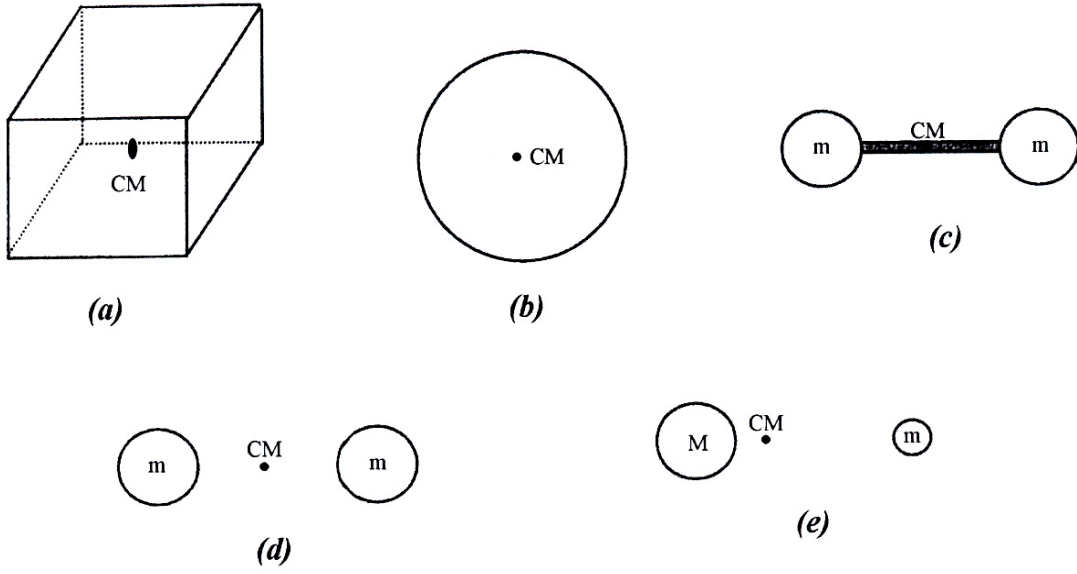
Çarpışma sırasında momentumun korunumu aşağıda verildiği gibidir.

$$\vec{P}_A + \vec{P}_B = \vec{P}' \quad (4.13)$$

$$\vec{v}_A + \vec{v}_B = 2 \vec{v}' \quad (4.14)$$

Bu deneyde karşılaşılabilecek ve araştırılacak bir başka kavram da kütle merkezidir (CM). Türdeş bir küp (Şekil 4.3a) veya bir kürenin (Şekil 4.3b) CM'sinin bunlar gibi simetrik nesnelerin geometrik merkezlerinde olabileceğini tahmin edebilirsiniz. Şekil 4.3c'de gösterilen dambılın CM'sinin de barının orta noktası olacağını tahmin edebiliriz. Böylece iki aynı türde kürenin CM'si merkezlerini birleştiren bir doğrunun tam orta noktası olacaktır (Şekil 4.3d). Ama eğer kürelerden biri daha ağır ise; o zaman CM, ağır olan kürenin yanına doğru Şekil 6.3e'de gösterildiği gibi kayar. Kayma miktarı, M 'nin kütlelerinin m 'den ne kadar büyük olduğunun belirlenmesi ile bulunur. Aşağıdaki bazı simetrik kütle dağılımları örneklerinin CM konumlarını tahmin edebilmek kolaydır. Örneğin bu deneydeki iki diskli sistemin CM'si merkezlerini birleştiren bir doğrunun orta noktası olacağını tahmin etmek zor değildir.

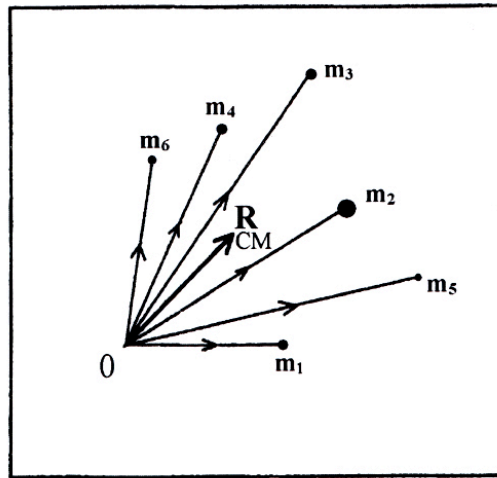




Şekil 4.3 Bazı simetrik türdeş nesnelerin kütle merkezi

Farklı şekillerdeki kütle dağılımları için CM yeniden tanımlanmalıdır. Konum vektörleri $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_N$ olan $m_1, m_2, \dots, m_N$ kütlelerine sahip N parçacıklı bir sistemin $\vec{R}$ konum vektörünün kütle merkezi şu şekilde tanımlanır

$$\vec{R} = \frac{m_1\vec{r}_1 + m_2\vec{r}_2 + \dots + m_N\vec{r}_N}{m_1 + m_2 + \dots + m_N} \quad (4.15)$$



Şekil 4.4 Kütlesel dağılımları için kütle merkezinin konum vektörü

Zamanla parçalar pozisyonunu değiştirirse, CM’inde pozisyonu değişir ve CM’nin vektörel değişim oranı CM’nin hızı olarak düşünülebilir.

$$\vec{V}_{CM} = \frac{d\vec{R}}{dt} \quad (4.16)$$

Sabit kütleli parçalar için, denklem (4.15) eşitliğinin her iki tarafının türevini aldığımızda;

$$\dot{\vec{R}} = \frac{m_1 \dot{\vec{r}}_1 + m_2 \dot{\vec{r}}_2 + \dots + m_N \dot{\vec{r}}_N}{m_1 + m_2 + \dots + m_N} \quad (4.17)$$

$$\vec{V}_{CM} = \frac{m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_N \vec{v}_N}{m_1 + m_2 + \dots + m_N} \quad (4.18)$$

elde ederiz. Denklem (4.17)’deki noktalar türev anlamına gelir ki bunlar sadece hızlardır. Yukarıdaki oluşan biçim bizim iki diskli sistemimizde uygulandığında;

$$\vec{R} = \frac{m\vec{r}_A + m\vec{r}_B}{m + m} \quad (4.19)$$

$$\vec{R} = \frac{\vec{r}_A + \vec{r}_B}{2} \quad (4.20)$$

verir. Burada disklerin kütleleri eşit olduğuna göre kütleleri kaldırarak (4.20)’deki eşitliği elde ederiz. O zaman CM’nin hızı;

$$\vec{V}_{CM} = \frac{\vec{v}_A + \vec{v}_B}{2} \quad (4.21)$$

Yukarıdaki denklemin önemli sonuçları vardır. İlk önce momentum korunurken, yatay konumdaki hava masasının iki diskli sistemde sağ el tarafındaki sayıcının sabit olduğunu belirtin (denklem 4.12 ile karşılaştırın). Bu da CM’nin hızının bu koşullarda sabit olduğunu anlamına gelir. Diğer bir deyişle, CM sabit hızla hareket eder (sabit hız, büyüklük ve yönde değişmezlik anlamına gelir). Böylece toplam momentumun korunduğu izole edilmiş bir sistem için sistemin CM’si daima sabit hızla doğrusal hareket eder. Ayrıca bu durumda toplamın yarısına eşit olduğunu gösterir. Bu nedenle çarpışmadan önce ve sonra iki diskli sistemimiz için şöyle olur;

$$\vec{V}_{CM} = \vec{V}_{CM} \quad (4.22)$$



$$\vec{V}_{CM} = \frac{\vec{v}_A + \vec{v}_B}{2} = \vec{V}_{CM}' = \frac{\vec{v}_A' + \vec{v}_B'}{2} \quad (4.23)$$

Bu deneyde, çarpışma için disklerin kinetik enerji korunumlarını da araştıracağız. m kütleli ve $\vec{v}$ doğrusal hızlı bir nesnenin K kinetik enerji tanımını hatırlarsak;

$$K = \frac{1}{2}mv^2 \quad (4.24)$$

Bu nedenle esnek çarpışmadan önceki iki diskli sistemin toplam kinetik enerjisi;

$$K = \frac{1}{2}mv_A^2 + \frac{1}{2}mv_B^2 \quad (4.25)$$

Ve çarpışmadan sonraki ise;

$$K' = \frac{1}{2}mv_A'^2 + \frac{1}{2}mv_B'^2 \quad (4.26)$$

Bununla birlikte tamamen esnek olmayan çarpışmada iki disk birbirine yapışarak $2m$ kütleli ve $\vec{v}$ hızlı tek bir nesne formunda çarpışmadan sonraki toplam kinetik enerjisi;

$$K' = \frac{1}{2}(2m)v^2 \quad (4.27)$$

Kinetik enerji skarel bir büyüklük olduğuna göre o zaman (4.25) ve (4.26) denklemlerindeki toplamalar açıkça cebirsel toplamdır. Diğer taraftan esnek çarpışmada kinetik enerji hemen hemen korunurken yani $K = K'$ iken; tanıma göre tamamen esnek olmayan çarpışmada korunmaz. Kinetik enerjinin maddesel kaybı;

$$\text{Maddesel kayıp} = \frac{K - K'}{K}$$

olarak tanımlanır ve bunu kullanarak kinetik enerjinin maddesel kaybının yüzde oranını tanımlayabiliriz:

$$\text{Yüzdelik kayıp} = \frac{K - K'}{K} \times 100\%$$

ARAÇLAR :

- Hava masası
- Velcro bandı (tamamen esnek olmayan çarpışmada disklerin birbirine yapışması için)



- Milimetre taksimatlı cetvel

DENEYİN YAPILIŞI:

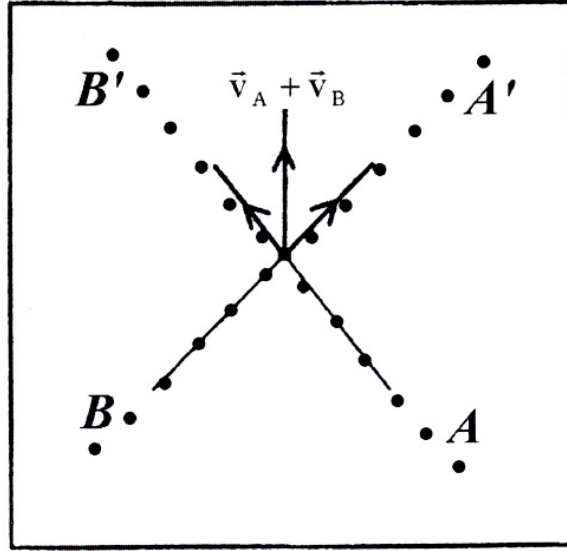
Bu deney iki bölümden oluşur. Bölüm A'da esnek çarpışma ve Bölüm B'de tamamen esnek olmayan çarpışma incelenecektir. Bu deney yatay bir seviyede konumlandırılmış hava masasında yapılacaktır.

Bölüm A: Esnek Çarpışma

1. Sadece pompa anahtarını (P) çalıştırın ve iki diski hava masasının bir tarafından öbür tarafına diyagonal olarak birbirine doğru masanın ortasında bir yerde çarpışabilmesi için fırlatın. Yeterli derecede uygun bir çarpışma elde edene kadar bu işlemi birkaç kez tekrarlayın. İki diski da ne çok yavaş ne de çok hızlı fırlatmayın; sadece orta düzeyde bir hızla hareket edebilmesi için itin. Şimdi uygun bir sparktimer frekansı seçin (örneğin 20Hz) ve ardından (P) anahtarını çalıştırırken diskleri hava masasının bir tarafından öbür tarafına fırlatın ve de sparktimer anahtarını (S) diskler serbest kalır kalmaz çalıştırın. İki disk hareketlerini tamamlayana kadar her iki anahtarı da açık tutun.
2. Veri kâğıdını kaldırın ve oluşan noktaları dikkatle gözden geçirin. Noktalar Şekil 4.1'deki gibi olmalıdır. Her iki disk için noktaları 0, 1, 2,ve benzeri şekilde numaralandırın.
3. Her bir yoldaki iki ya da üç aralığın uzunluğunu ölçüp zamana bölerek çarpışmadan önce ve sonra her diskin hızını bulun. Disklerin kat ettiği iki yolu çarpışmadan önce A ve B çarpışmadan sonra da A' ve B' diye isimlendirin.
4. $\vec{v}_A + \vec{v}_B$ ve $\vec{v}_A' + \vec{v}_B'$ vektörel toplamlarını bulun. Örneğin; $\vec{v}_A + \vec{v}_B$ 'yi bulmak için A ve B yolları kesişene kadar uzatın. Sonra kesişme noktasından başlayarak, $\vec{v}_A$ ve



$\vec{v}_B$ 'nin yönleri boyunca ve de bu hızların büyüklüklerinin uzunluklar ile orantılı vektörlerini çizin. Örneğin 10cm/s'lik bir hızı gösterirken 1cm'lik bir vektör çizebilirsiniz (Şekil 4.5'de görülüyor). Daha sonra paralel kenarı tanımlayarak bu hızdan meydana gelen toplamı bulun. Aynı yöntemi $\vec{v}_A' + \vec{v}_B'$ 'yi bulmak için uygulayın.



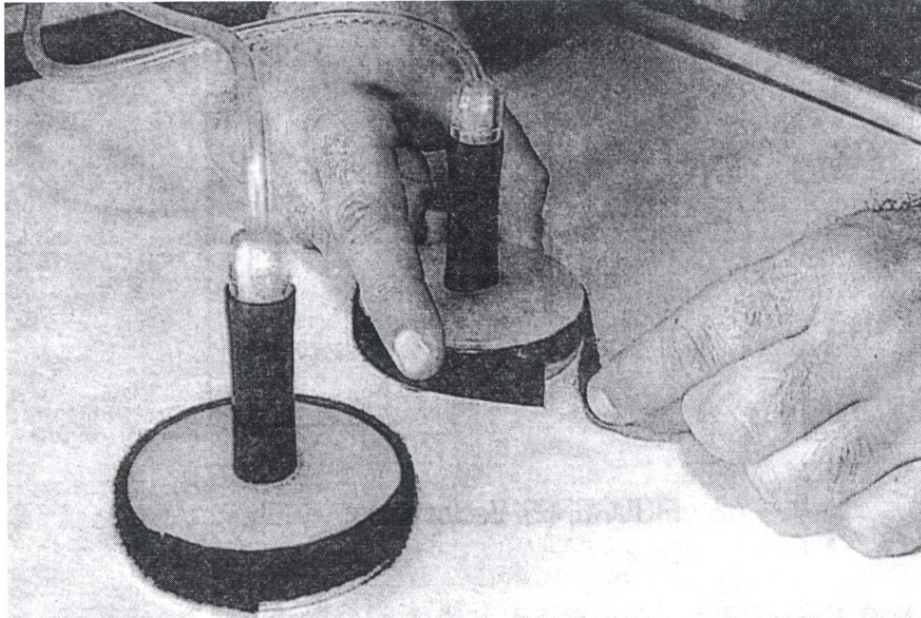
Şekil 4.5 $\vec{v}_A' + \vec{v}_B'$ 'nin vektör toplamı

5. Çarpışmadan önce ve sonra zamanın aynı anında oluşan noktaları tanımlayın ve bunları birleştirerek her noktalar çiftini birleştiren çizgi boyunca KM'nin konumunu belirleyin.
6. Üstte; 5 numarada KM için elde ettiğiniz kaydı kullanarak çarpışmadan önceki ve sonraki hızı bulun.
7. İki diskin çarpışmadan önceki ve sonraki toplam kinetik enerjilerini bulun ve bunları karşılaştırın.

Bölüm B: Tamamen Esnek Olmayan Çarpışma



1. Velcro bandını sıkı bir şekilde iki diskin etrafına sarın (şekil 4.6'da görülüyor), bandın kenarlarının veri kağıdının yüzeyi ile temas etmediğinden emin olun. Sadece pompa anahtarını (P) çalıştırın ve iki diski hava masasının bir tarafından öbür tarafına birbirlerine doğru masanın ortasında bir yerde çarpışıp ve birlikte yapışık hareket edebilmeleri için fırlatın. Bu işlemi uygun bir çarpışma elde edene kadar birkaç kez tekrarlayın.
2. Şimdi pompa anahtarını (P) çalıştırarak diskleri birbirine doğru fırlatın ve serbest bıraktığınız anda sparktimer anahtarını (S) çalıştırın. Diskler hareketini tamamlayana kadar her iki anahtarı da açık tutun. Veri kağıdındaki noktalar Şekil 4.2'deki gibi olmalıdır. Disklerin çarpışmadan önceki v_A ve v_B hızlarını ve de çarpışmadan sonra birlikte yapışık hareket eden iki diskin v' ortak hızını bulun.
3. Yukarıda; Bölüm A, 4 numarada anlatılan yöntemi kullanarak $\vec{v}_A + \vec{v}_B$ vektör toplamını bulun ve momentumun korunumunu doğrulayın.
4. Disklerin çarpışmadan önceki ve sonraki toplam kinetik enerjilerini bulun ve maddesel kaybı hesaplayarak maddesel kaybın yüzde oranını da bulun.



Şekil 4.6 Velcro bandının disklerin etrafında sarılması



Adı Soyadı:
No:
Bölüm:
Şube:

Deney 4 RAPOR

ÇARPIŞMALAR VE LİNEER MOMENTUMUN KORUNUMU

AMAÇ:

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Bölüm A: Esnek Çarpışma

1. Disklerin çarpışmadan önceki (v_A ve v_B) ve sonraki hızlarını (v_A' ve v_B') yazın;

$v_A =$

$v_B =$

$v_A' =$

$v_B' =$

2. $\vec{v}_A + \vec{v}_B$ ve $\vec{v}_A' + \vec{v}_B'$ toplam vektörlerini ve büyüklüklerini bulun. Momentumun korunum yasasını bulduklarınız doğrultusunda tartışın.

$|\vec{v}_A + \vec{v}_B| =$



$$| \vec{v}_A' + \vec{v}_B' | = \dots\dots\dots$$

.....

3. Çarpışmadan önce ve sonra kütle merkezinin (CM) hızını bulun;

$$v_{CM} = \dots\dots\dots \quad v_{CM}' = \dots\dots\dots$$

4. İki diskin çarpışmadan önceki ve sonraki toplam kinetik enerjilerini bulun ve bunları karşılaştırın.

$$K = \dots\dots\dots \quad K' = \dots\dots\dots$$

.....

Bölüm B : Tamamen Esnek Olmayan Çarpışma

5. Disklerin çarpışmadan önceki v_A ve v_B hızlarını ve de çarpışmadan sonra birlikte yapışık hareket eden iki diskin v' ortak hızını bulun.

$$v_A = \dots\dots\dots \quad v_B = \dots\dots\dots$$

$$v' = \dots\dots\dots$$

6. $\vec{v}_A + \vec{v}_B$ vektör toplamını bulun ve momentumun korunumunu doğrulayın.

$$| \vec{v}_A + \vec{v}_B | = \dots\dots\dots$$



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

