

G Ö Z L E M G E R Ç E V E L E R İ

- Newton'un I. ve II. yasaları daha detaylı incelenecek
- Galileo değişmezliği ve mom. korunum kanunu'nun farklı bir sıradışı.

EYLEMSİZ ve İVMELİ GÖZLEM GERÇEVELERİ

- I. ve II. yasalar ivmesiz gözlem çerçevelerinde doğru. (Gözlem çerçevesi bir atlı karınca üzerinde durgun ise, etki eden kuvvetler yokluğunda ivme sıfır olmaz, atlı karınca üzerinde bir yere tutunarak ayakta kalabiliriz. Tutunarak ittiğimiz kışım bize dönme eksenine doğru $M\omega^2 r$ 'ye eşit bir kuvvet etkir.
- ivmesiz bir gözlem çerçevesine göre hareketsiz kalmak için bir kuvvet gerekmez.
- ivmeli " " " de durgun kalmak için, atlı karınca, uçan kalkan gibi örneklerde oluşturan gibi bir kuvvete karşı kalmak gerekir.

ÖRNEK . Çok Yüksek Hızlı Merkezkaç Aracı : "Bir eylemsiz gözlem çerçevesinde bulunmamanın etirici çok büyük olabilir ! "

Bir merkezkaç aracının deney kabında sıvı

içinde asılı bir molekülü alalım. Molekül

dönme eksenine 10 cm uzaklıkta olsun ve

merkezkaç araç saniyede 10^3 dönme ($60 \cdot 10^3$ dön/dak)

yapsın.

$$\text{Açısal hız} := \omega = 2\pi \cdot 10^3 \approx 6 \cdot 10^3 \text{ rad/s}$$

$$\text{Gizgisel hız} := \omega r = v$$

$$\Rightarrow v = 6 \cdot 10^3 \cdot 10 = 6 \cdot 10^4 \text{ cm/s}$$

$$a = \omega^2 r = (6 \cdot 10^3)^2 \cdot 10 \approx 4 \cdot 10^8 \text{ cm/s}^2$$

$$g = 980 \text{ cm/s}^2 \Rightarrow \frac{a}{g} = \frac{4 \cdot 10^8}{980} \approx 4 \cdot 10^5$$

- ④ Toğunluğun sıvının toğunluğundan farklı olan bir molekül büyük bir merkezkaç, kuvvetle itilecek ve sıvıdan ayrılmağa çalışacak

$$M \omega^2 r$$

(2)

Molekül ekseninden dışarı doğru $M\omega^2 r$ kuvveti ile çekilir.

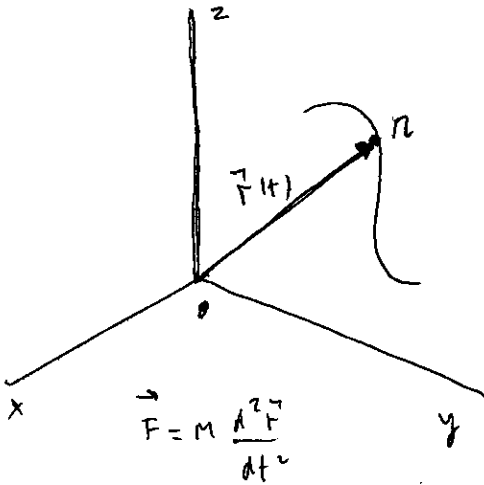
$$M_{\text{mol}} = 10^5 m_p \approx 10^5 \times 1.7 \times 10^{-24} = 2 \cdot 10^{-19} \text{ gr}$$

$$Ma = M\omega^2 r = 2 \cdot 10^{-19} \cdot 4 \cdot 10^8 \approx 8 \cdot 10^{-11} \text{ dyn.}$$

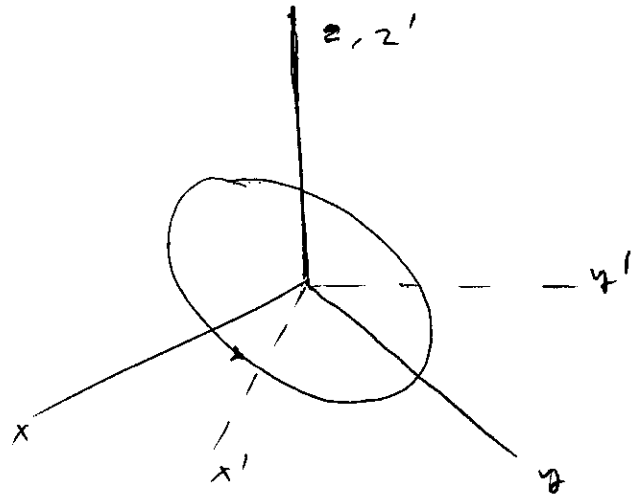
$$\text{Kuvvet} = \frac{d}{dt} (\text{Momentum}) \quad \vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

$$\text{Sabit kütle için: } \vec{F} = M \frac{d^2 \vec{r}}{dt^2} = M\vec{a}$$

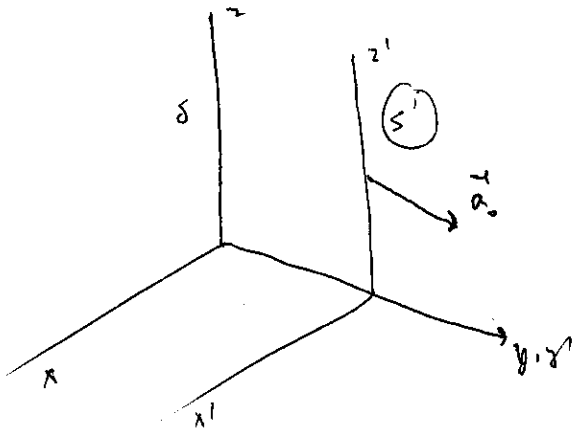
$\vec{F}$, $\vec{v}$ ve $\vec{a}$ nasıl bir gözlem çerçevesine göre ölçülür?



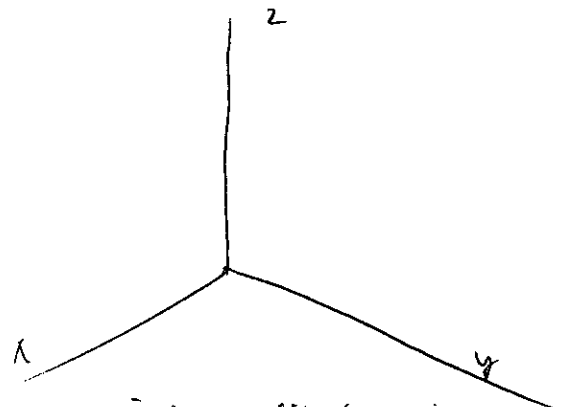
Hangi çerçeveye göre işler?



(S'), (S) 'ye göre döner. R' nin bu çerçevelerde herbirindeki ivmesi farklı.



(S') (S) 'ye göre $\vec{a}_0$ ile hareket ediyor. R' nin iki gözlem çerçevesindeki ivmesi de farklı.



Eylemsizlik çerçevesi

$\vec{a}$ 'ya hesaplanmaz geçen ivmeyi eylemsizlik çerçevesi vardır?

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad \left\{ \begin{array}{l} \textcircled{\#} \text{ bir parçacık üzerine etki eden gerçek } \vec{F} \text{ kuvvetini tutarlı} \\ \text{bir şekilde tanımlayan ifadeler.} \end{array} \right.$$

$$\vec{F} = M \frac{d^2\vec{r}}{dt^2}$$

② Ancak $\vec{a}$ 'nın ivmesiz bir gözlem çerçevesine göre ölçüldüğünden emin olmalıyız.

③ Gerçek $\vec{F}$ kuvvetini bilirse ve parçacığın $\vec{F} = m\vec{a}$ denk. ini sağladığı bir gözlem çerçevesi bulursak, bu çerçeve eylemsizlik çerçevesi

→ Eylemsizlik Çerçevesi : Bir kuvvetin etkilemediği ve bağlı olmayan bir parçacığın ivmesiz olarak görüldüğü gözlem çerçevesi.

→ Bir Gözlem Çerçevesi olarak Dünya : Yeryüzüne bağlı bir Laboratuvar iyi bir eylemsizlik çerçevesi olabilir mi? Sağlayamazsa $\vec{F} = M\vec{a}$ 'yı nasıl yazalım ki lab. 'ın ivmesini içine alsın?

Yeryüzü bir çok amaç için iyi bir eylemsizlik çerçevesi olmasına karşın yerin kendi eksenini etrafında dönmelerinden ileri gelen bir ivme vardır ve lab. 'a her zaman ihmal edilemeyen bir etki (ivme) verir.

Elevator üzerindeki bir noktanın merkezî ivmesi

$$a = \frac{v^2}{R_y} = \omega_y^2 R_y$$

$$\omega = 2\pi f \approx 0.73 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}, R_y \approx 6.4 \times 10^8 \text{ m} \Rightarrow a \approx 3.4 \text{ cm/s}^2 \approx 0.034 \text{ m/s}^2$$

•• kütleyi çekim kuvvetine karşı ağırlıkla tutucak kuvvet tüm çekim kuvvetinden 3.4 m (dyn) kadar daha azdır. Ya da elevatorda görülen çekim ivmesi kuzey kutbuna göre 3.4 cm/s^2 daha azdır. Yeryüzünde çekim değişiminde geri kalan kısmı da yerin elipsoid olmasındandır.

BS Kuzey kutbu ile (güney kutbu) elevatör değişimi 9.2 cm/s^2 'dır.

(4)

Sabit Yıldızlar : Bir eylemsizlik gözlem çerçevesi :

Yerin güneş etrafındaki yörüngesindeki ivmenin büyüklüğü ;

$$1 \text{ yıl} = \pi \cdot 10^7 \text{ s} \quad , \quad \omega \approx \frac{2\pi}{\pi \cdot 10^7} \approx 2 \cdot 10^{-7} \text{ s}^{-1} \quad , \quad R \approx 1.5 \times 10^{13} \text{ cm}$$

$$\Rightarrow a_{gy} = \omega^2 R \approx 0.6 \text{ cm/s}^2 < a = 3.4 \text{ cm/s}^2$$

Güneşin galaksimizin merkezine doğru ivmesi denel olarak bilinmemektedir. Fakat spektrum çizgilerinin Doppler kaymasından güneşin galaksinin merkezine doğru $3 \cdot 10^7 \text{ cm/s}$ kadar bir hızla sahip olduğuna inanılmaktadır.

$$\text{Güneş. Galaksi merkezi uzaklığı} : \approx 3 \cdot 10^{22} \text{ cm} \Rightarrow a = \omega^2 R = \frac{v^2}{R} \approx \frac{9 \cdot 10^{14}}{3 \cdot 10^{22}} \approx 3 \cdot 10^{-8} \text{ cm/s}^2$$

Klasik Mekaniğin Varsayımları :

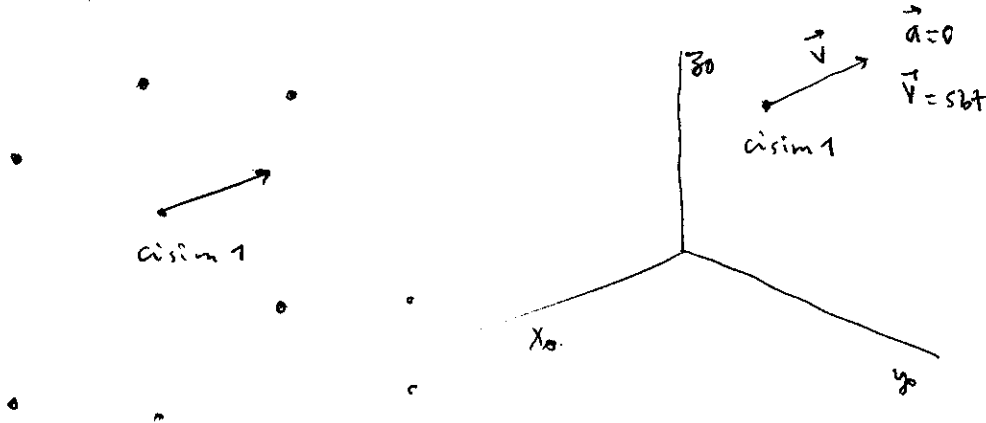
1. Uzay Euclid uzaydır.
2. " izotrop tur. $\vec{F} = M\vec{a}$ 'daki $M, \vec{a}$ 'nın doğrultusundan bağımsız.
3. Newton'un hareket yasaları sadece yerin kendi eksenini etrafında ve güneş etrafındaki ivmelemini gözönünde tutan ve yeryüzünde sabit duran bir gözlemci için eylemsizlik sist. de doğru.
4. Newton'un evrensel çekim yasası geçerlidir.

Eylemsiz Gözlem Sistemlerinde Kuvvetler

Galilei - Galileo : üzerine kuvvet etki etmeyen bir cismin hızı sbt. 'dır. Newton'ın 1. hareket yasası. (Eylemsiz gözlem sist. de doğrudur.)

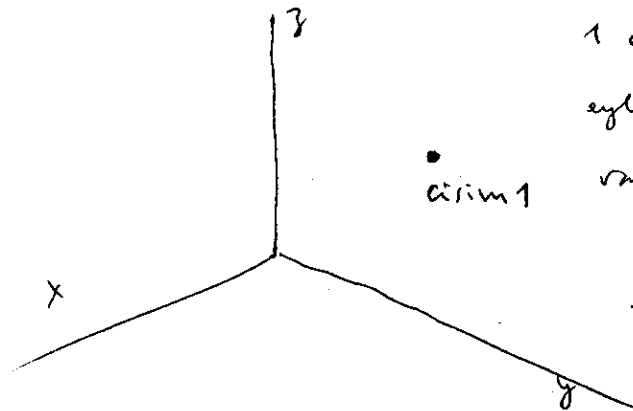
Bir cisme bir kuvvet etki edip etmediğini nereden biliriz? İkinde ivme-
ler ölçesileceğimiz ivmeler bir gözlem sist. olmalı. Fakat sist. etki eden
kuvveti bağımsız olarak bilemiyoruz. Çünkü sıfır kuvvet için şartımız sıfır
ivmedir. Bu da ivmeyi ölçesileceğimiz bir gözlem çerçevesini gerektirir. (bu bir
dönge)

Cisimler arası uzaklık arttıkça gelim kuvvetinin hızla bir şekilde azal-
dığına bildiğimizden bu kurur dengeden kurtulabiliriz. Dünya üzerindeki herşey
yer mehesine doğru çekilir. Güneşin ve diğer gezegenlerin çekimini etkisi
azdır. Belli başlı yıldızlardan birinin en yakın uzaklığı (komşusuna) 10^{18} m
(büyük yıldızlar için bu 10^{15} m 'dır) , 0 zaman sbt yıldızları bğün bir yaklaşım ile
ivmeler koordinat sist. olarak tanımlayabiliriz.



bir cismin ivmesinin
sıfır olduğu çerçeve
eylemsizlik çerç.

1 cismin diğerlerinden çok uzakta
bir kuvvet etkimiz.



1 cismin sbt olduğu
eylemsizlik çerçevesi
vardır.

$$\vec{a} = 0$$

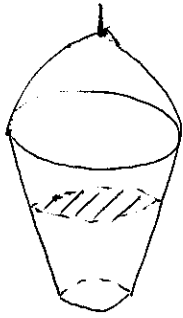
$$\vec{V} = 0$$

6

MUTLAK ve BAĞIL İVME

$\vec{F}$ 'nin $M\vec{a}$ 'ya eşit olduğu eylemsiz gözlem çerçevesi bulunabilir.

Eylemsiz bir gözlem sist. inin varlığı şu sonuçta ortaya çıkar: Evrendeki bütün maddenin dünyanın bir lab. ında yapılan deneye etkisi nedir?

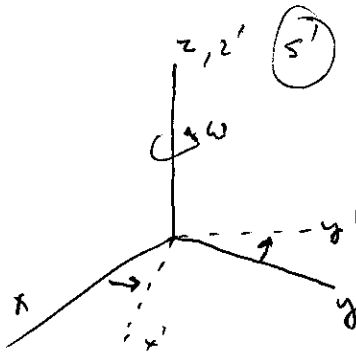


(S) çerçevesi
(eylemsiz)



(S) çerçevesi
(eylemsiz)

parabolik su yüzeyi



(S') eylemsiz



(S')'de kova durgun fakat su yüzeyi yine parabolik! Eylemsiz (S')'de suya hayali bir kuvvet etkir.

Sanki kuvvetler: Gözlem çerçevesinin ivmeli olmasından ortaya çıkan kuvvetlerle ilgili örnekler vereceğiz.

④ Probleme II. Tasanın geçerlikte olduğu bir sistemde başlanır. Sonra eylemsiz çerçevesin ivmesi hesaba katılır. Sonunda problemi eylemsiz sistemde incelemişimizde bu "varmış gibi görünen" kuvvetle karşılaştırılır.

$$\vec{F} = M\vec{a} \quad (E) \rightarrow \text{eylemsiz çerçevede gözlenen ivme.}$$

Bu şekli ile diğer dünya sist. ında bu şaekil değil.

④ Parçanın, çerçevesinin ivmesinden veya hareketinden ileri gelen $\vec{a}_0$ ivmesi hesaba katılmamıştır.

Bir cismin eylemsiz olmayan sistemdeki ivmesi $\vec{a}$ ise

$$\vec{a}_E = \vec{a}_0 + \vec{a} \quad \vec{F} = M(\vec{a}_0 + \vec{a}_E)$$

→ Eylemsiz çerçevede deney yapılıyor ise, kuvvet denkleminde $\vec{a}_0$ 'ı katrığımızdan emin olmalıyız.

→ Eylemsiz çerçevede $\vec{F} + \vec{F}_0 = M\vec{a}$, $\vec{F}_0 = -M\vec{a}_0$ (Hayali kuvvet)

ÖRNEK : İvme Ölçme Ayrıtı : X doğrultusunda gerilmiş bir yayın π kütlesine uyguladığı kuvvetin $F_x = -Cx$ olduğunu varsayalım. X doğrultusunda ivmesi $\vec{a}_0 = a_0 \hat{x}$ olan eylemli bir çerçeve alalım. π kütlesi bu çerçevede durgun ise, ivmesi bu çerçevede sıfırdır. ve $\vec{F} = M(\vec{a} + \vec{a}_0)$

$$F_x = Ma_0 = -Cx \Rightarrow x = -\frac{M}{C} a_0$$

Sanki kuvveti kullanırsak : $\vec{F} + \vec{F}_{0x} = M\vec{a} = 0$

$$\vec{F}_x = -\vec{F}_{0x}$$

$$-Cx = -Ma_0$$

ÖRNEK : Düzgün Olarak Dönen Bir Çerçevede Merkezcil Kuvvet ve Merkezcil İvme :

Eylemli bir çerçevede durgun bir π noktasal kütlesi ele alalım. Bu çerçevede $a=0$ 'dır. Bu çerçeve eylemsiz göre sbt eksen etrafında düzgün bir hızla dönüyor. Söz konusu noktanın eylemsiz göre ivmesi

$$\vec{a}_0 = -\omega^2 \vec{r} \quad (\text{Merkezcil ivme})$$

ivmeli çerçevede $\vec{a} = 0$ şartı $\vec{F} = -\vec{F}_0 = M\vec{a}_0 = -M\omega^2 \vec{r}$

$$\vec{F}_0 = M\omega^2 \vec{r} \quad (\text{Merkezcil kuvvet})$$

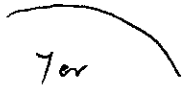
8

ÖRNEK : Serbest Düşen Asansörde Deneyler : Eylemli bir çerçeve olan serbestçe düşen bir asansörün iğnesi $\vec{a}_0 = -g\vec{y}$ olsun



Eylemli çerçevede m kütleli bir etkiyen olan

kuvvet : $\vec{F}_0 = -M\vec{a}_0 = Mg\vec{y}$



Asansörde bir yere bağlı olmayan bir cisim $\vec{F} = -Mg\vec{y}$ ile

$\vec{F}_0 = +Mg\vec{y}$ yaylı kuvvetinin toplamı etki. Görünürdeki

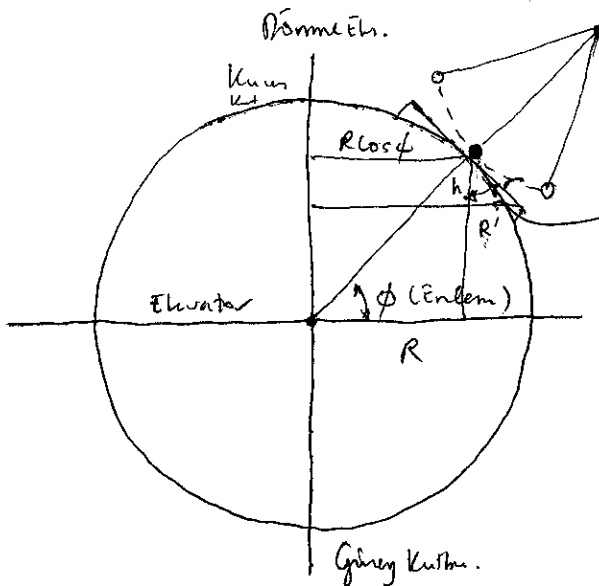
toplam kuvvet sıfırdır. $\vec{F} + \vec{F}_0 = 0$

Şu halde eylemli sist. de cisim iğnesizdir. "Ağırlıksızlık".

ÖRNEK : Foucault Sarchu : Yerin dönen eylemli bir çerçeve olduğunu gösterir. (1851, Paris)

ω : yerin açısal hızı.

r : Küm dairesinin yarıçapı.



⑦ Küm Dairesinin en Kuzey ve en Güneydeki noktalarının babil hızlarını düşünelim.

⑧ Güneydeki nokta daha uzaktır ve kuzeyden daha hızlı döner.

ϕ : yerin elvatorına göre ölçülen pozitif enlem (48°51' N)

Küm Dairesinin - En Kuzeydeki Noktasının hızı $V_N = \omega R \cos \phi - \omega r \sin \phi$

" " " Güneydeki " " $V_S = \omega R \cos \phi + \omega r \sin \phi$

$\Delta V = \omega r \sin \phi$: r yarıçapı, çember üzerindeki sabit hız $T_0 = \frac{2\pi r}{\omega r \sin \phi} = \frac{24 \text{ saat}}{\sin \phi}$

Elvatorde $\phi = 0 \Rightarrow T_0 \Rightarrow \infty$ olur.

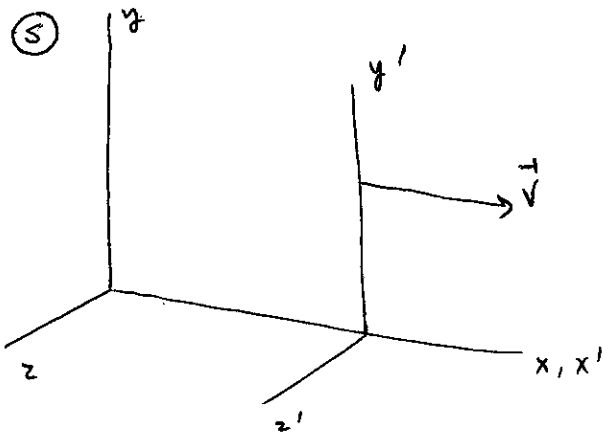
MUTLAK VE BAĞIL HIZ

Mutlak hızın fiziksel bir anlamı yoktur. Bu nedenle,

"Fizik'in temel yasaları birbirine göre düzgin hızla (ivmesiz) hareket eden bütün gözlem sist.lerinde özdeşdir", deriz (Galile Relativitesi)

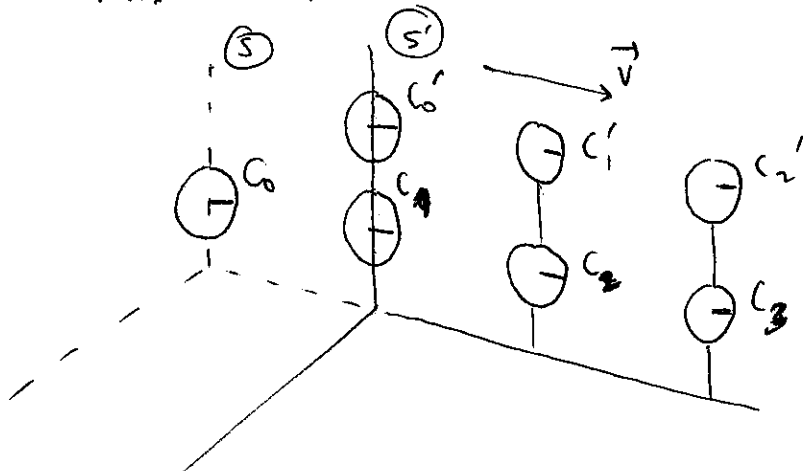
GALILEO DÖNÜŞÜMÜ

iki gözlemcinin verilen bir uzunluğu ve zaman aralığını nasıl ölçtiklerini tartışarak, öteki fiziksel büyüklük ölçmelerinin nasıl karşılaştırılacağını çıkarırız.

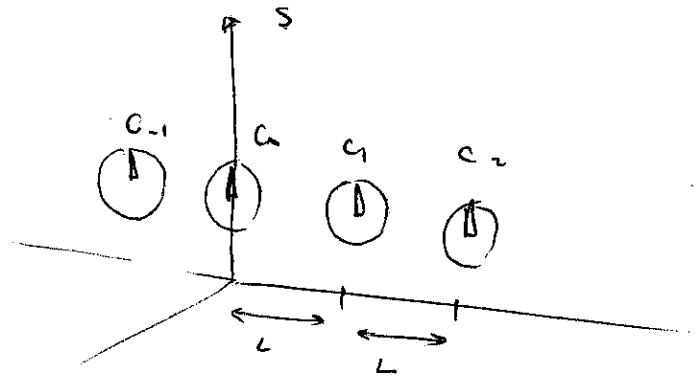


(eylemsiz koord. sist.leri)

aynı zaman gösteren saatler ayarlanmış olsun.



(S')'de oturan bir gözlemcinin ölçtüğü zaman ve uzunluğu (S)'de oturanın ölçtüğü ile kıyaslamak istiyoruz. Bunu ancak deneylerle kıyaslanabilir.

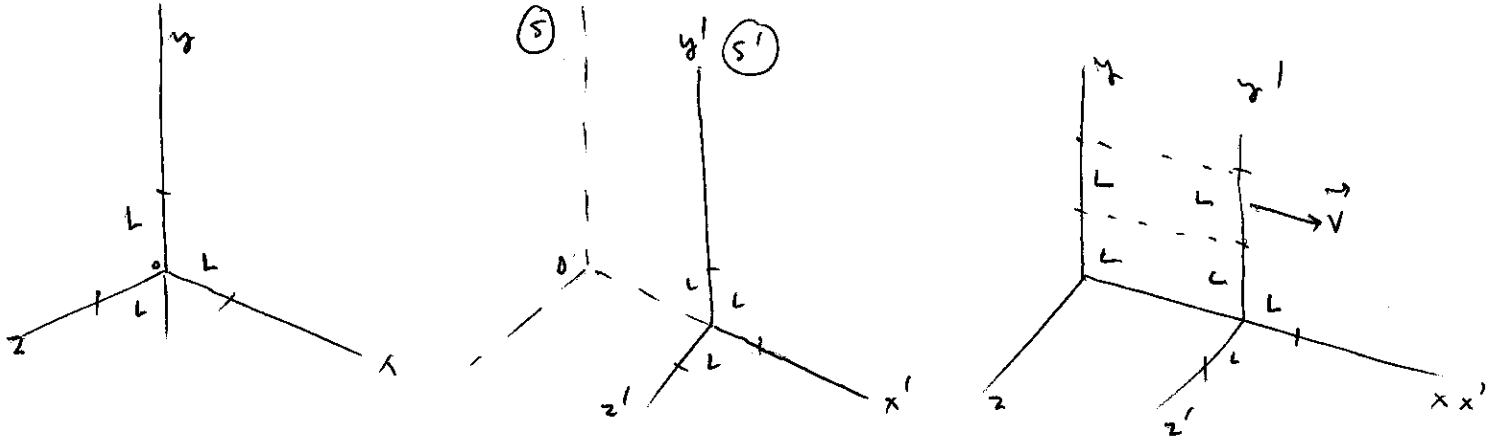


$$v/c \ll 1$$

$$t' = t$$

(10)

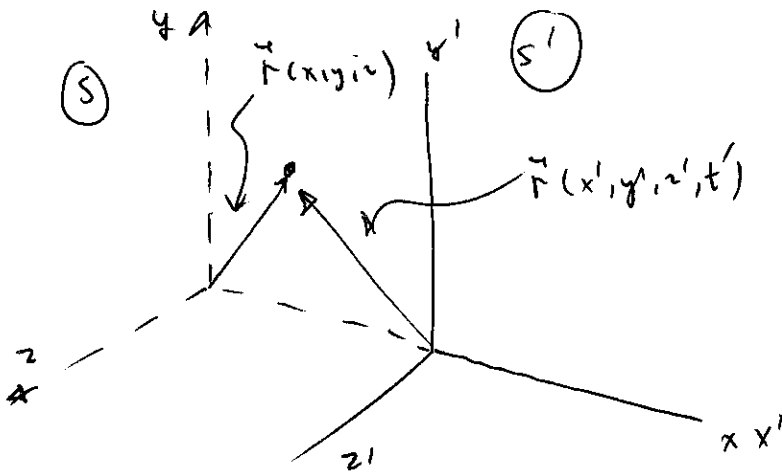
Duran ve hareket eden bir kütüphane metrenin göreceli büyüklüğünde bulabiliriz.



Saatler kullanılır. , aynı anda kütüphane metrenin başı kaydedilir.

$t=0$ 'da $t'=0$ olduğunu ve $0, 0'$ ile sınırlı olduğunu varsayalım.

$$t=t' , x=x'+vt' , y=y' , z=z'$$



$$\vec{r}(x', y', z', t') = \vec{r}'(x - vt, y, z, t)$$

$$v_x = \frac{dx}{dt} = \frac{dx}{dt'} = \frac{dx'}{dt'} + v = v_x' + v$$

$$\vec{v} = \vec{v}' + \vec{v}$$

$$\vec{v}' = \vec{v} - \vec{v}$$

$$\Delta \vec{v} = \Delta \vec{v}' , \Delta t = \Delta t' \Rightarrow \vec{a} \equiv \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}'}{\Delta t'} = \vec{a}'$$

BS K

$\vec{F}$ kuvveti : $\vec{F} = M\vec{a} = M\vec{a}' = \vec{F}'$

Momentumun korunumu : Başlangıçta hızları $\vec{v}_1$ ve $\vec{v}_2$ olan (1) ve (2) parçacıklarının alalım.

parçacıkların başlangıçtaki kinetik enerjisi : $\frac{1}{2}M_1v_1^2 + \frac{1}{2}M_2v_2^2$

" " çarpışmadan sonraki " " : $\frac{1}{2}M_1w_1^2 + \frac{1}{2}M_2w_2^2$

Enerjinin korunumu : $\frac{1}{2}M_1v_1^2 + \frac{1}{2}M_2v_2^2 = \frac{1}{2}M_1w_1^2 + \frac{1}{2}M_2w_2^2 + \Delta E$

$\Delta E \leq 0$ olabilir.

(A) Aynı çarpışmaya üssüz çerçeveye göre $\vec{V}$ hızı ile hareket eden üslü çerçeveden göreyelim ; bu çerçeveden ölçülen hızlar $\vec{v}_1', \vec{v}_2'$; $\vec{w}_1', \vec{w}_2'$

$$\vec{v}_1' = \vec{v}_1 - \vec{V} \quad \vec{v}_2' = \vec{v}_2 - \vec{V}$$

$$\vec{w}_1' = \vec{w}_1 - \vec{V} \quad \vec{w}_2' = \vec{w}_2 - \vec{V}$$

En. kor. $\frac{1}{2}M_1v_1'^2 + \frac{1}{2}M_2v_2'^2 = \frac{1}{2}M_1w_1'^2 + \frac{1}{2}M_2w_2'^2 + \Delta E$ değişim yok belki oluyor.

$$\frac{1}{2}M_1(v_1^2 - 2\vec{v}_1 \cdot \vec{V} + V^2) + \frac{1}{2}M_2(v_2^2 - 2\vec{v}_2 \cdot \vec{V} + V^2)$$

$$= \frac{1}{2}M_1(w_1^2 - 2\vec{w}_1 \cdot \vec{V} + V^2) + \frac{1}{2}M_2(w_2^2 - 2\vec{w}_2 \cdot \vec{V} + V^2) + \Delta E$$

$$(\Rightarrow) (M_1\vec{v}_1 + M_2\vec{v}_2) \cdot \vec{V} = (M_1\vec{w}_1 + M_2\vec{w}_2) \cdot \vec{V}$$

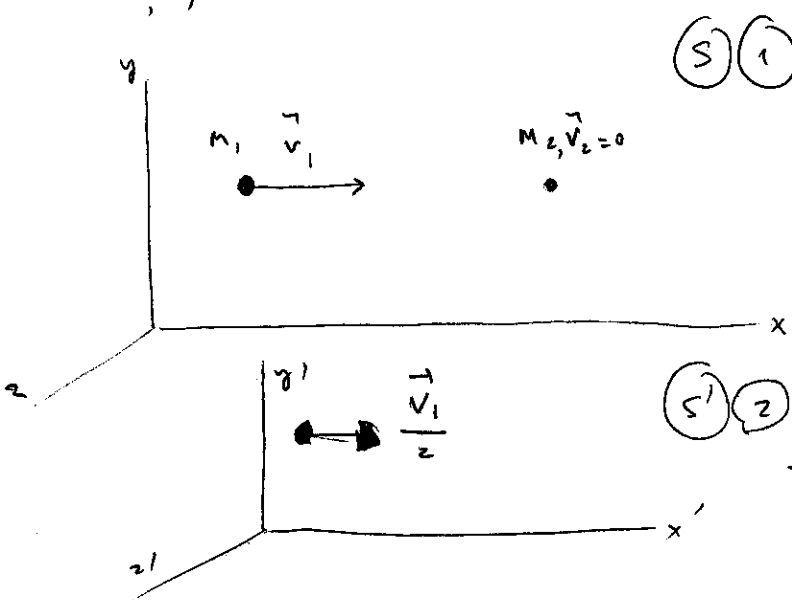
$$\boxed{M_1\vec{v}_1 + M_2\vec{v}_2 = M_1\vec{w}_1 + M_2\vec{w}_2}$$

(12)

Örnek : Eşit kütlelerin Esnek Olmayan Çarpışması , Bu olayı İki gözlem çerçevesinden gözleyelim. Çarpışmadan sonra İki parçacık hareketlenir

(1). Çerçevende parçacıklardan birisi durgun olur.

(2). " " ise parçacıklar birbirine eşit ve zıt hızlarla yaklaşıyor, bu çerçeve olur.



$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}$$

$$\Rightarrow \vec{v} = \frac{m_1}{m_1 + m_2} \vec{v}_1 = \frac{\vec{v}_1}{2}$$

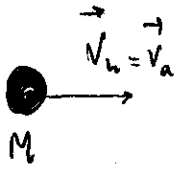
$$\Delta \mathcal{E} = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 - \frac{1}{2} 2m \left(\frac{v_1}{2} \right)^2 = \frac{1}{4} m_1 v_1^2$$

→ KM çerçevesi

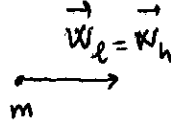
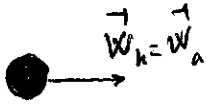
$$\vec{v}'_1 = \vec{v}_1 - \vec{v}_{KM} \Rightarrow v'_1 = v_1 - \frac{v_1}{2} = \frac{v_1}{2}, \quad v'_2 = -\frac{v_1}{2} \quad \vec{v}'_1 = \vec{v}'_2 = \vec{v}$$

$$\Delta \mathcal{E} = \frac{1}{2} m_1 \left(\frac{v_1}{2} \right)^2 + \frac{1}{2} m_2 \left(\frac{v_1}{2} \right)^2 - 0 = \frac{1}{4} m_1 v_1^2$$

Örnek. Ağır Bir Parçanın Hafif Bir Parçayla Çarpışması: (Esnek)



$$\vec{v}_a = v_a \vec{x}$$



Çarpışma sonrası hafif parçacık + x doğrultusunda hareket ederse $\vec{w}_h$ ne olur?

$$M v_a \vec{x} = M w_a \vec{x} + m w_h \vec{x} \Rightarrow M v_a = M w_a + m w_h$$

$$\Delta E = 0 \text{ (Esnek)} \quad \frac{1}{2} M v_a^2 = \frac{1}{2} M w_a^2 + \frac{1}{2} m w_h^2$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} M \left(w_a^2 + 2 \frac{m}{M} w_a w_h + \left(\frac{m}{M} \right)^2 w_h^2 \right) = \frac{1}{2} M w_a^2 + \frac{1}{2} m w_h^2 \quad m \ll M$$

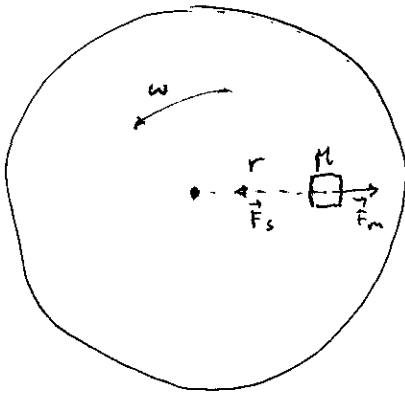
$$\Rightarrow m w_a w_h \approx \frac{1}{2} m w_h^2 \Rightarrow w_h \approx 2 w_a$$

$$\cancel{w_h - w_a} \approx 2 w_a$$

$$\left. \begin{aligned} M v_a &\approx M w_a + 2 m w_a \\ &\approx (M + 2m) w_a \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{v_a}{v_a} = \frac{v_a - w_a}{v_a} \approx \frac{2m}{M + 2m} \approx \frac{2m}{M}$$

Ağır parçacığın enerji kaybı:
$$\frac{\frac{1}{2} M v_a^2 - \frac{1}{2} M w_a^2}{\frac{1}{2} M v_a^2} = \frac{v_a^2 - w_a^2}{v_a^2} = 1 - \left(\frac{M}{M + 2m} \right)^2 \approx \frac{4m}{M}$$

4.1) Dönen Masa Üzerinde Blok: 20 devir/dak hızla dönen yatay, pürüzsüz bir masa üzerine konan bloğun masaya göre durgun kalmak isteniyor. Blok, dikey dönme ekseninden 150 cm uzaklıktadır. Sürtünme katsayısının büyüklüğü ne olmalıdır? Merkezkaç kuvveti ve sürtünme kuvvetini şekil üzerinde gösteriniz.

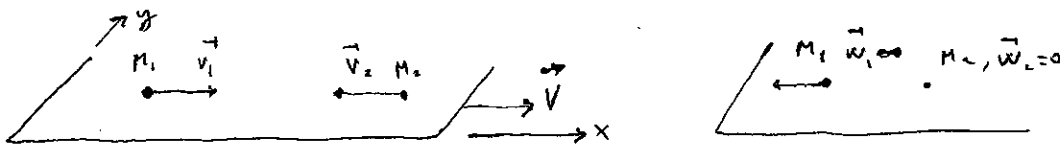


$$F = \mu N = \mu mg = m\omega^2 r$$

$$\Rightarrow \mu = \frac{\omega^2 r}{g}, \quad \omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{1/(20/60)} = \frac{2\pi}{3} \text{ rad/s}$$

$$\mu = \frac{4}{9} \pi^2 \frac{150}{980} = 0.67 \quad \mu > 0.67 \text{ olmalı.}$$

4.2.) Hareketli Çarpma: 500 cm/s hızla düz bir ray üzerinde hareket eden bir tren vagonu da aşağıdaki çarpışma meydana geliyor. Trenle aynı yönde 100 cm/s hızla hareket eden 100 gr kütleli bir parçacık zıt yönde 500 cm/s hızla hareket eden 50 gr kütleli bir parçacıkla çarpışıyor. Çarpışmadan önceki hızlar aynı doğrultudadır, ve her iki hızda tren'e göre ölçülmüştür. Çarpışmadan sonra 50 gr'lık kütle trenin içinde durmaktadır, 100 gr'lık kütle hızı nedir? Ne kadar kinetik enerji kaybolmuştur. Sınırlı çarpışmaya aynı yönde dönen gözlemciye göre belirleyin. Mom. korunumu, bu soruda ne kadar kinetik enerji kaybolmuştur.



$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{w}_1 + m_2 \vec{w}_2 \Rightarrow m_1 v_1 \bar{x} - m_2 v_2 \bar{x} = \vec{P}_T = (m_1 v_1 - m_2 v_2) \bar{x}$$

$$= (100 \times 100 - 50 \times 500) \bar{x}$$

$$= -15 \cdot 10^3 \bar{x}$$

$$\Rightarrow -15 \cdot 10^3 \bar{x} = +m_1 \omega_1 \bar{x} + m_2 \omega_2 \bar{x} = 100 \omega_1$$

$$\Rightarrow \vec{w}_1 = -150 \bar{x}$$

2-

$$\frac{1}{2} M_1 v_1^2 + \frac{1}{2} M_2 v_2^2 = \frac{1}{2} M_1 \omega_1^2 + \frac{1}{2} M_2 \omega_2^2 + \Delta KE$$

$$\Rightarrow 2 \Delta KE = M_1 v_1^2 + M_2 v_2^2 - M_1 \omega_1^2 = 8.63 \times 10^6 \text{ erg}$$

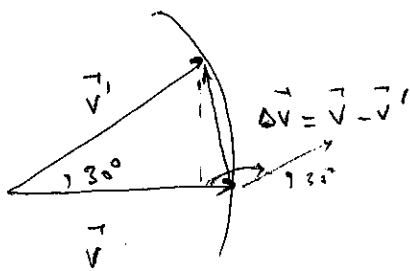
b) Yere göre hareket

$$\left. \begin{array}{l} \vec{v}_{1g} = \vec{v}_1 + \vec{V} \quad \vec{\omega}_{1g} = \vec{\omega}_1 - \vec{V} \\ \vec{v}_{2g} = \vec{v}_2 + \vec{V} \quad \vec{\omega}_{2g} = \vec{\omega}_2 - \vec{V} \end{array} \right\} \Rightarrow \begin{array}{l} \vec{v}_{1g} = 600 \vec{x} \quad \vec{\omega}_{1g} = 450 \vec{x} \\ \vec{v}_{2g} = 0 \quad \vec{\omega}_{2g} = 900 \vec{x} \end{array}$$

$$\Rightarrow M_1 \vec{v}_{1g} + M_2 \vec{v}_{2g} \stackrel{?}{=} M_1 \vec{\omega}_1 + M_2 \vec{\omega}_2 \Rightarrow 6 \cdot 10^4 \stackrel{?}{=} 2.5 \times 10^4 + 3.5 \times 10^4 \quad \checkmark$$

$$\Delta KE = 8.63 \times 10^6 \text{ erg.}$$

3) Dairesel hareket örne: Bir cisim dairesel bir yolda sbt 50 cm/s'lik bir hızla hareket etmektedir. $\vec{v}$ hız vektörünü 2 saniyede bir 30° döndürmektedir. (a) $\Delta \vec{v}$ hız değişiminin büyüklüğünü bulunuz. (b) Bu aralıkta ort. ivmenin büyüklüğü nedir? (c) Düzgün dairesel hareketin merkezâl ivmesi ne kadardır?



$$b) a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{25.9}{2} = 12.95 \text{ cm/s}^2$$

$$c) a = \omega^2 r = \omega v = \frac{2\pi}{24} \cdot 50 \\ \approx 13.1 \text{ cm/s}^2$$

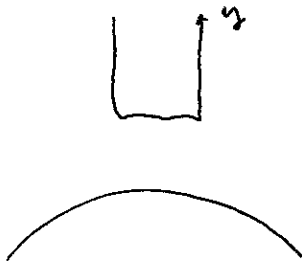
$$\Delta \vec{v} = \vec{v} - \vec{v}' \quad |\Delta \vec{v}| = \sqrt{v^2 + v'^2 - 2\vec{v} \cdot \vec{v}'} \\ \Delta v = \sqrt{-2vv' \cos(\pi - 30^\circ)} = \sqrt{+2v^2 \cos 30^\circ} \\ = \sqrt{2} v \sqrt{\cos 30^\circ} = 25.9$$

$$\vec{v} = v \hat{e} \quad , \quad \vec{v}' = v \cos 30^\circ \hat{e} + v \sin 30^\circ \hat{j} \\ \vec{v} - \vec{v}' = v[(1 - \cos 30^\circ) \hat{e} - \sin 30^\circ \hat{j}]$$

$$|\Delta \vec{v}| = \sqrt{(1 - \cos 30^\circ)^2 + \sin^2 30^\circ} \\ = v \sqrt{2 - 2 \cos 30^\circ} = \sqrt{2} v \sqrt{1 - \cos 30^\circ} \\ = \sqrt{2} v \sqrt{2 \frac{1 - \cos 30^\circ}{2}} = 2v \sin 15^\circ = 25.9$$

4.5.) Bir Eylemli Gözlem Gerçevesinde Hareket : Yeryüzüne bağlı bir (S) eylemizlilik gerçevesi, ve serbestçe düşen bir asansöre bağlı bir (S') eylemli çerçeve alalım.

(a) (S)'de serbest düşen bir parçacığın (S')'deki hareket denklemleri nedir? (b) (a)'daki parçacık üzerine uygulanan ve serbest kuvvetler nelerdir. (c) S'de yatay bir daire üzerinde hareket eden bir parçacığın hareket denklemleri nelerdir? $t=0$ 'da $y=y'=0$ ve $y'=0$ düşey varsayınız.



$$y(t) = + \frac{1}{2} g t^2 \quad (S) \quad v_y = + g t$$

(S')'de parçacık üzerine bir kuvvet etkilenebilir: $\mu \frac{dV_y'}{dt} = 0$

$$V_y' = g t.$$

(b) (S) $F = Mg$ gerçek kuvvet.

(S')'de $\vec{a}_0 = +\vec{g}$ serbest kuvveti var.

$+mg\hat{y}$: (S')'deki serbest kuvvet
 $-mg\hat{y}$: (S) ve (S')'deki gerçek kuvvet.

(c) (S)

(S')

$$x = a \cos \omega t$$

$$y = a \sin \omega t$$

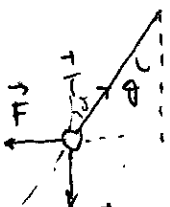
$$y = 0$$

$$x = a \cos \omega t$$

$$y = a \sin \omega t$$

$$y = \frac{1}{2} g t^2$$

4.6) İvmeli Otomobilde Sarkaç: Duran bir otomobilin içindeki sarkaç düşey olarak asılıdır. Otomobil yatay bir düzlemde 100 cm/s^2 'lik bir ivme ile hareket ederse sarkaç düşeyle nasıl bir açı yapar?



$$\left. \begin{array}{l} T \cos \theta = mg \\ T \sin \theta = ma \end{array} \right\} \tan \theta = \frac{a}{g} = \frac{100}{980} \Rightarrow \theta = 5.8^\circ$$

serbest kuvvet:

(4)

4.9) Çarpışma kinematiği: Kütle Merkezi: $m_1 = 100 \text{ gr}$ ve $m_2 = 40 \text{ gr}$ kütleli iki parçacığın başlangıçtaki hızları $\vec{v}_1 = 2.8 \vec{x} - 3.0 \vec{y} \text{ (cm/s)}$ ve $\vec{v}_2 = 7.5 \vec{y} \text{ (cm/s)}$ dir. Bu parçacıklar çarpışıyor ve çarpışmadan sonraki hızları $\vec{v}_1' = 1.2 \vec{x} - 2.0 \vec{y} \text{ (cm/s)}$ ve $\vec{v}_2' = 4.0 \vec{x} + 6.0 \vec{y} \text{ (cm/s)}$

a) Toplam mom. 'u bulunuz. (b) Toplam mom. 'un çarpışmadan önce sıfır olduğuna göre, çarpışma sonrası hızını bulunuz. (K.M.) (c) Bu çerçevede çarpışmadan sonra toplam mom. 'un sıfır olduğuna gösteriniz. (d) K.E 'nin ne kadarlık kısmı yok olur?

$$\vec{P} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = 100 (2.8 \vec{x} - 3.0 \vec{y}) + 40 (7.5 \vec{y}) = 280 \vec{x} \text{ (gram/s)}$$

$$\vec{P} = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2' = 280 \vec{x}$$

b) K.M. çerçevesinin hızı (orijinal çerçeveye göre) $\vec{V}_{km}$

$$(m_1 + m_2) \vec{V}_{km} = \vec{P} = 280 \vec{x} \Rightarrow \vec{V}_{km} = \frac{280}{140} \vec{x} = 2 \vec{x}$$

c) Bu çerçevede: $\vec{V}_{1km} = \vec{v}_1 - \vec{V}_{km}$ ve $\vec{V}_{2km} = \vec{v}_2 - \vec{V}_{km}$

$$\vec{P}_{km} = m_1 \vec{V}_{1km} + m_2 \vec{V}_{2km} = m_1 \vec{v}_1' + m_2 \vec{v}_2' = 0$$

$$d) \Delta KE = \frac{1}{2} m_1 v_1^2 + \frac{1}{2} m_2 v_2^2 - \frac{1}{2} m_1 v_1'^2 - \frac{1}{2} m_2 v_2'^2$$

$$= \frac{1}{2} 100 (2.8^2 + 3^2 - 1.2^2 - 2^2) + \frac{1}{2} 40 (7.5^2 - 4^2 - 6^2) = 880 \text{ erg}$$

1470 -1590

$$880 / 1470 = 0.60 \text{ ermek değil.}$$

$$K.M. de de \Delta KE = 880.$$

4.10.) Kütleleri farklı parçacıkların çarpışması: İki parçacığın çarpışmasında, parçacıklardan birinin başlangıçta durgun olduğu ve ötekisinin V hızla hareket ettiği gözlem çerçevesinde (Laboratuvar çerçevesi denir. Hareketli kütle m ve durgun kütle $2m$ olsun. (a) K.M. çerçevesinin lab. çerçevesine göre hızı nedir? (b) tamamen esnek olmayan, yani parçacıkların birbine yapıştığı çarpışmada lab. ve K.M. çerçevelerinde ne kadar K.E kaybolur? (c) Çarpışma esnek olursa, parçacıkların K.M. çerçevesindeki hızlarının yönü değişir. fakat büyüklükleri değişmez. m kütesinin lab. ve K.M. çerçevesindeki sapma açısını bağlayan bir ifade bulunur. (K.M. çerçevesinde 2. parçacığın açısının 1. m'nin açısından her zaman 180° farklı olduğu ima dikkat et. Eşit kütleli çarpışmalarda $\theta_{lab} = \theta_{cm}/2$)

$$a) \vec{V}_{cm} = \frac{m\vec{V}}{3m} = \frac{\vec{V}}{3}$$

$$b) \text{Lab. } \vec{P}_T = m\vec{V} = 3m\vec{W} \Rightarrow \vec{W} = \frac{\vec{V}}{3}$$

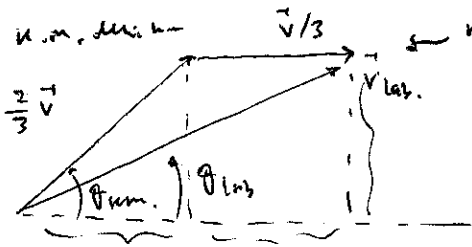
$$\Delta KE = \frac{1}{2}mV^2 - \frac{1}{2}3m\left(\frac{V}{3}\right)^2 = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2}mV^2$$

K.M.: çarpışmadan sonra K.E = 0

$$\Rightarrow \Delta KE = \frac{1}{2}m\left(\frac{2}{3}V\right)^2 + \frac{1}{2}2m\left(\frac{1}{3}V\right)^2 = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{2}mV^2 \text{ dır. kaybolmaz.}$$

c) K.M. 'de esnek bir çarpışmada hızların yönleri değişir ama büyüklükleri değişmez. $\frac{2}{3}\vec{V}$ 'yi önce ~~K.M.~~ daha sonra lab. de şu şekilde elemleriz.

m'ın K.M. de hızı $\vec{V}/3$ m'ın lab. de hızı $\vec{V}$.



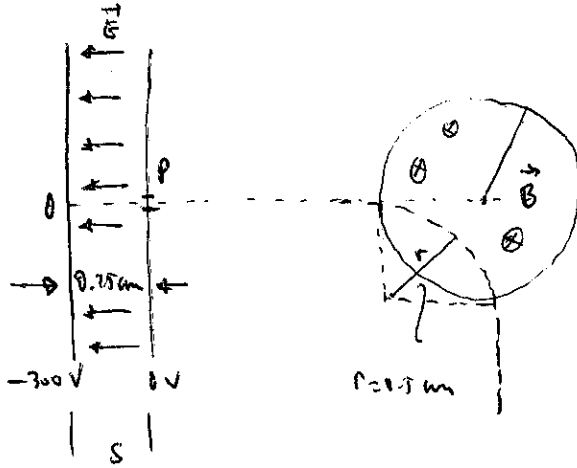
$$V_{lab} \sin \theta_{lab} = \frac{2}{3}V \sin \theta_{cm}$$

$$V_{lab} \cos \theta_{lab} = \frac{V}{3} = \frac{2}{3}V \cos \theta_{cm}$$

$$\tan \theta_{lab} = \frac{2 \sin \theta_{cm}}{2 \cos \theta_{cm} + 1}$$

6

2.11.) Elektronların ivmesi ve magnetik sapması: Elektronların metal levhalarla 0 noktasından durgun halden hızlandırılmaları ve bir elektrik alan etkisi ile 0.25m uzaklıktaki paralel bir levhaya ivmelendirilmesini varsayınız. P noktasındaki küçük bir delik bir elektron demetinin elektrik alanından minimum bir bölgeye kaamının sağlanıyor. Elektrik alan şekilde gösterildiği gibi, metal levhalara -300V ve 0V gerilimleri uygulanarak elde ediliyor. şekilde gösterildiği gibi, demet 0.5cm yarıçaplı dairessel bir gel üzerinde, dairessel sınırlı B magnetik alan ile 90°'lik açı ile saptırılmak isteniyor. Gereklili alan şiddetini hesaplayınız.



$$ma = eE \Rightarrow a = \frac{e}{m} E$$

uzaklık s ise

$$s = \frac{1}{2} at^2 = \frac{1}{2} \frac{e}{m} Et^2$$

$$v = at = \frac{e}{m} Et \text{ olduğundan}$$

$$\frac{e}{m} Es = \frac{1}{2} \frac{e^2}{m^2} E^2 t^2 = \frac{1}{2} v^2 \text{ olur. ya da } \frac{1}{2} mv^2 = eEs = eV \quad (V=300 \text{ volt})$$

1 statvolt.

Magnetik Alanı ;

$$\frac{mv^2}{r} = \frac{e}{c} v B \Rightarrow B = \frac{mv}{er} = \frac{mc}{er} \sqrt{\frac{2eV}{m}} = \frac{c}{r} \sqrt{\frac{2mV}{e}}$$

$$B = \frac{3 \cdot 10^{10}}{0.5} \sqrt{\frac{2 \cdot 9.1 \cdot 10^{-28} \cdot 1}{4.8 \cdot 10^{-10}}} = 117 \text{ Gauss.}$$

4.8 İvmeli Çerçeve : Bir gölem çerçevesinin yukarı yönde 300 cm/s^2 'lik bir ivmesi vardır. $t=0$ 'da başlangıç noktası durumdur ve yegirindeli bir eylemsizlik çerçevesinin başlangıç noktası ile katisıktır. (Veri dimerini ihmal et.)

(a) y' yi yukarı yönde x' i yatay olarak $t=0$ 'da 1000 cm/s hızla yatay yönde atılan bir paracığın $x(t)$ ve $y(t)$ yol denklemlerini her iki çerçevede bulunuc. Yerehimini ihmal ediniz. b) (a) ın yerehimini hesaba katarak çözünüz

a) Eylemsiz çerçevede :

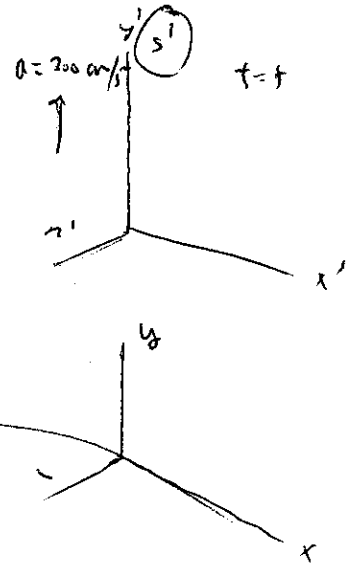
$$x(t) = v_0 t = 10^3 t \text{ cm}$$

$$y(t) = 0$$

İvmeli çerçevede :

$$a_y = -300 \text{ cm/s}^2 \quad x_A(t) = 10^3 t \text{ cm}$$

$$y_A(t) = -\frac{1}{2} a_y t^2 = -\frac{1}{2} 300 t^2 = -150 t^2 \text{ cm.}$$



b) Eylemsiz Çerç. ;

$$x(t) = 10^3 t \text{ cm} \quad y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 = -490 t^2 \text{ cm.}$$

İvmeli çerç. :

$$x_A(t) = 10^3 t \text{ cm} \quad y_A(t) = -\frac{1}{2} g t^2 - \frac{1}{2} a_y t^2 = -640 t^2 \text{ cm.}$$

BS K