

İVMELenen GÖZLEM ÇERÇEVELERİ

Gülşen ÖNENGÜT*

Bu köşedeki ilk yazıda (Ekim 91 sayısı) Newton yasalarından bahsederken, bu yasaların sadece ivmelenmeyen (eylemsiz) gözlemciler için geçerli olduğunu belirtmiştik. Bunu şöyle bir örnekle açıklayabiliriz: Şekil 1'de gösterildiği gibi yukarıya doğru bir ivmesi ile ivmelenmekte olan bir asansörün tavanına tespit edilmiş bir yaylı terazi ile tartılan bir balığın ve bu durumu izleyen, birisi asansörün dışında, diğeri içinde iki gözlemciyi düşünelim. Balığın üstüne etki eden kuvvetler serbest cisim diyagramının gösterildiği gibi cismin ağırlığı (W) ve terazi yayının uyguladığı kuvvet (T)'dir (Şekil 1a). Yerdeki gözlemci (eylemsiz), balığa Newton'un ikinci yasasını uygularsa

$$\Sigma F = T - W = ma$$

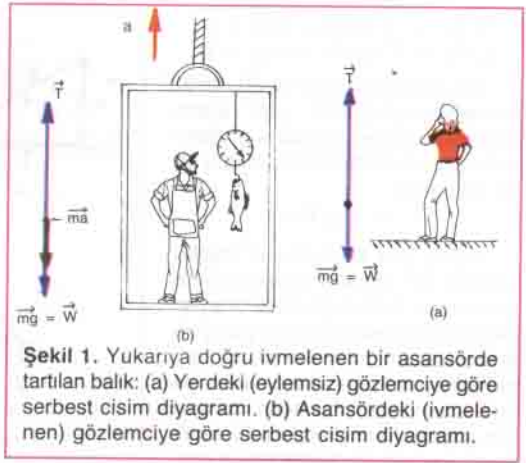
bulur. Yani terazinin okuduğu kuvvet olan T , cismin gerçek ağırlığından büyüktür:

$$T = W + ma.$$

T 'ye cismin 'görünürdeki ağırlığı' denir.

Şimdi de bu balığa asansörün içindeki bir kişinin gözlem çerçevesinden bakalım. Bu kişi asansörle birlikte yukarıya doğru ivmelenmekte olduğundan, bu gözlem çerçevesi eylemsiz olmayan bir çerçevedir. Bu gözlemciye göre de cisme etki eden kuvvetler W ve T 'dir; çünkü cismin çevresinde dünya ve teraziden başka etkileştiği bir cisim yoktur. Fakat bu gözlemci balık ile aynı ivmeye sahip olduğundan, balığın ivmesinin sıfır olduğunu düşünecektir. Dolayısı ile bu gözlemci için $\Sigma F = ma$ değildir. Cismin üstüne ($T - W$) ya eşit net bir kuvvet etki etmesine rağmen cisim ivmelenmemektedir. Bu sonuç, çelişkili gibi görünmesine rağmen tamamen doğrudur. Yaptığımız hata ivmelenen bir gözlem çerçevesinde Newton yasalarını uygulamaya çalışmaktır. Asansörün içindeki gözlemci asansörle birlikte ivmelenmediği için onun çerçevesinde Newton yasaları geçerli değildir.

Mekanik problemlerini çözmek için genellikle ivmelenmeyen, yani eylemsiz gözlem çerçevelerini seçeriz. Fakat bazı durumlarda problemin ifadesi ivmelenen bir çerçevede daha kolay olabilir. Böyle durumlarda ne yapacağız? Şimdiye kadar kullandığımız problem çözme stratejisinden acaba tamamen vazgeçmemiz mi gerekir? Neyse ki bu sorunun cevabı 'evet' değildir. Bu stratejiyi hâlâ kullanabiliriz. Yalnız serbest cisim diyagramında cismin üstüne etki



Şekil 1. Yukarıya doğru ivmelenen bir asansörde tartılan balık: (a) Yerdeki (eylemsiz) gözlemciye göre serbest cisim diyagramı. (b) Asansördeki (ivmelenen) gözlemciye göre serbest cisim diyagramı.

eden gerçek (cismin çevresi ile etkileşmesinden doğan) kuvvetlere ek olarak bir kuvvet daha göstermemiz gerekir. **Sanki-kuvvet** veya **eylemsizlik kuvveti** adı verilen -bu kuvvet, gözlem çerçevesinin ivmesine ters yönde etki eder ve büyüklüğü cismin kütlesi ile gözlem çerçevesinin ivmesinin çarpımına eşittir.

Şimdi asansördeki gözlemcinin açısından balığın serbest cisim diyagramını eylemsizlik kuvvetini de ekleyerek çizelim (Şekil 1b). Hareket denklemi,

$$\Sigma F = T - (W + ma) = mabalık$$

olacaktır. Buradan $abalık = 0$ bulunur. Görüldüğü gibi artık Newton yasalarını uygulayarak tutarlı sonuçlar elde etmekteyiz. Yalnız unutulmaması gereken eylemsizlik kuvvetinin ivmelenen bir gözlemcinin kendi gözlem çerçevesinde Newton yasalarını uygulayabilmek için uydurduğu bir kuvvet olduğu, cismin çevresi ile etkileşmesinden doğan gerçek bir kuvvet olmadığıdır.

PROBLEM 1: Küçük bir küre sağa doğru a ivmesi ile ivmelenmekte olan bir vagonun tavanından bir iple asılmıştır (Şekil 2). Bu ipin düşeyle yaptığı θ açısını bulunuz. Problemi hem yerdeki hem de vagondaki gözlemcilerin açısından inceleyiniz.

ÇÖZÜM: a) Eylemsiz gözlemci (Şekil 2a): Vagonun dışından bakan bu gözlemciye göre topa etki eden iki kuvvet vardır: Topun ağırlığı W , ve ipteki gerilim T . Top bu iki kuvvetin etkisi altında sağa doğru a ivmesi ile hareket etmektedir. Dolayısı ile hareket denklemleri şöyle yazılabilir:

$$(1) \Sigma F_x = T \sin \theta = ma$$

$$(2) \Sigma F_y = T \cos \theta - mg = 0.$$

Bu iki denklem birlikte çözüldüğünde

$$a = g \tan \theta$$

bulunur, İpin düşey doğrultudan sapma açısı ivmeye bağlı olduğundan, böyle bir düzenek ivme ölçmek için kullanılabilir.

b) İvmelenen (eylemsiz olmayan) gözlemci (Şekil 2b): Vagonun içindeki gözlemciye göre topa T ve mg 'nin dışında sola doğru ma 'ya eşit bir eylemsizlik kuvveti etki etmektedir ve topun ivmesi sıfırdır; yani top dengededir ve üzerindeki kuvvetlerin toplamı sıfır olmalıdır:

* Prof. Dr. Çukurova Üniv. Fen-Edebiyat Fak. Fizik Bölümü.

$$\Sigma F_x' = T \sin \theta - ma = 0$$

$$\Sigma F_y' = T \cos \theta - mg = 0$$

Bu denklemler (1) ve (2) denklemlerine eşdeğerdir; yani vagondaki gözlemci ve dışarıdaki gözlemci ile aynı matematiksel sonucu elde edecektir:

$$a = g \tan \theta.$$

Fakat ipin sapsmasının fiziksel yorumu iki gözlem çerçevesinde birbirinden farklıdır. İvmelenmeyen çerçevede ipteki gerilimin yatay bileşeni topu ivmelendirmek için gereklidir; ivmelenen çerçevede ise bu bileşen topun dengede kalması için gereklidir. Kullanılan düzenerk bir sarkaç olduğu halde topun salınımlar yapmadığına dikkat ediniz.

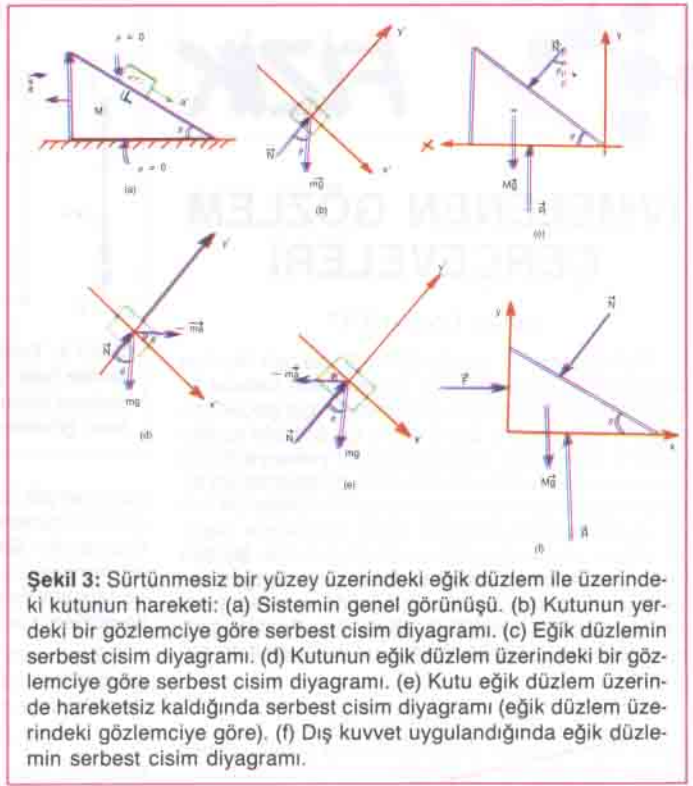
PROBLEM 2: M kütleli θ açılı bir eğik düzlem Şekil 3a'da görüldüğü gibi sürtünmesiz bir döşeme üzerindedir. Eğik düzlemin uzunluğu L dir. m kütleli bir kutu eğik düzlemin tepesinden bırakılmaktadır. Kutu ile eğik düzlem arasında da sürtünme yoktur.

(a) Kutu, eğik düzlemin dibine hangi hızla iner?

(b) Yerin eğik düzleme uyguladığı normal kuvvet ve kutu ile eğik düzlem arasındaki normal kuvveti hesaplayınız.

(c) Kutunun eğik düzlem üzerinde hareketsiz kalması için eğik düzleme hangi yönde ve ne büyüklükte bir kuvvet uygulanmalıdır?

ÇÖZÜM: (a) Önce yerdeki bir gözlemciye (eylemsiz) göre kutunun ve eğik düzlemin serbest cisim diyagramlarını inceleyelim (Şekil 3b ve 3c). Kutunun



Şekil 3: Sürtünmesiz bir yüzey üzerindeki eğik düzlem ile üzerindeki kutunun hareketi: (a) Sistemin genel görünüşü. (b) Kutunun yerdeki bir gözlemciye göre serbest cisim diyagramı. (c) Eğik düzlemin serbest cisim diyagramı. (d) Kutunun eğik düzlem üzerindeki bir gözlemciye göre serbest cisim diyagramı. (e) Kutu eğik düzlem üzerinde hareketsiz kaldığında serbest cisim diyagramı (eğik düzlem üzerindeki gözlemciye göre). (f) Dış kuvvet uygulandığında eğik düzlemin serbest cisim diyagramı.

üstünde iki kuvvet vardır: Ağırlığı mg ve eğik düzlemin uyguladığı N normal kuvveti. Eğik düzlemin üstündeki kuvvetler ise kutunun uyguladığı normal kuvvet N' (bu kuvvet N ile bir etki-tepki çifti oluşturmaktadır), eğik düzlemin ağırlığı Mg ve yerin uyguladığı normal kuvvet R dir. Görülüyor ki, N' 'nin yatay bileşeni yatay doğrultudaki tek kuvvettir; dolayısı ile eğik düzlem bu kuvvetin etkisi altında sola doğru ivmeleneyecektir. xy koordinat sisteminde eğik düzlemin hareket denklemlerini yazalım:

$$(1) \Sigma F_x = N' \sin \theta = Ma$$

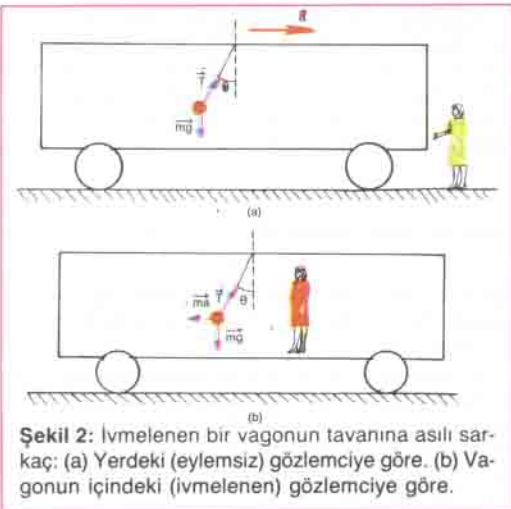
$$(2) \Sigma F_y = R - mg - N' \cos \theta = 0$$

Burada a , eğik düzlemin yatay doğrultudaki ivmesidir.

Kutu, eğik düzlem üzerinde hareket etmekte olduğundan, eğik düzleme bağlı bir gözlem çerçevesi kutu için uygun bir çerçevedir. Eğik düzlem a ivmesine sahip olduğu için bu eylemsiz bir gözlem çerçevesi değildir. Dolayısı ile Şekil 3d de görüldüğü gibi, kutunun serbest cisim diyagramına yatay doğrultuda sağa doğru bir eylemsizlik kuvveti eklemek gerekir. Kutunun üstüne etki eden diğer kuvvetler ise ağırlığı mg ve eğik düzlemin uyguladığı normal kuvvet N dir. Bu kuvvetlerin etkisi altında $x'y'$ gözlem çerçevesinde kutu x' doğrultusunda ivmelenecektir:

$$(3) \Sigma F_{x'} = ma \cos \theta + mg \sin \theta = ma'$$

$$(4) \Sigma F_{y'} = N + ma \sin \theta - mg \cos \theta = 0$$



Şekil 2: İvmelenen bir vagonun tavanına asılı sarkaç: (a) Yerdeki (eylemsiz) gözlemciye göre. (b) Vagonun içindeki (ivmelenen) gözlemciye göre.

KANSER UYARI SİSTEMİ

Her hafta yaklaşık 10000 Amerikalı, kanserden ölüyor. Ancak Colorado Üniversitesi Tıp Fakültesi'nde geliştirilmekte olan bir test yöntemi, kanseri, vücutta kendisine sağlam bir yer edinmeden tesbit edebiliyor. Bu başarılı tedavi, şansının artması demek.

Kanser hastalarında anormal kan pıhtılaşması üzerinde çalışan biokimyacı Stuart Gordon, malignan tümörlerin çevresinde pıhtılaşmayı artırıcı bir proteinin varlığını tespit etti. CP olarak adlandırılan bu protein normal hücrelerle iyi huylu tümörlerde bulunmuyordu. Erken kanser hücrelerinde ise büyük artış gösteriyordu. Gordon bu keşfi yaptıktan sonra kanseri erken dönemde tespit eden yeni bir kan testi geliştirdi. Test, ilk denemelerde % 100 başarı gösterdi.



Daha sonraki araştırmalar CP'nin kanser aşısı olarak da kullanılabileceğini ortaya koydu. Farelere önce CP sonra kanser hücreleri verildi. Sonuçta kanser gelişimi gözlenmedi. Yalnızca kanser hücreleri verilen kontrol grubundaki fareler ise kanser oldular.

Gordon, elde ettiği sonuçların yalnızca bir başlangıç olduğunu ve CP hakkında daha çok şeyin öğrenilmesi gerektiğini vurguluyor. Örneğin CP'nin yara iyileşmesi veya doku yenilenmesini engelleyici bir etkisi bulunabilir, Gordon, şimdi idrarda CP varlığını araştırıyor. Eğer bulursa kanser testi oldukça kolay ve ucuz bir test haline alacak. Ancak testin uygulamaya geçmesi için en az üç yıl gerekiyor.

Omni (Haziran 1991)'den çev.: Zafer BOLAT

(1) ve (4) numaralı eşitlikleri kullanarak ve $N = N'$ olduğunu göz önünde tutarak düzlemin a ivmesini çözebiliriz:

$$(5) \quad a = mg \frac{\sin \theta \cos \theta}{M + m \sin^2 \theta}$$

Bu değeri (3) numaralı eşitlikte yerine koyup kutunun a' ivmesini (eğik düzleme göre) çözelim:

$$a' = g \sin \theta \frac{M + m}{M + m \sin^2 \theta}$$

Kutunun eğik düzlemin dibine indiğindeki hızı

$$v = (2a'L)^{1/2}$$

ifadesinden bulunur.

(b) Eğik düzlemin a ivmesinin (5) teki değeri (4) te yerine konursa, kutu ile eğik düzlem arasındaki etkileşme kuvveti

$$N = \frac{mMg \cos \theta}{M + m \sin^2 \theta}$$

ve bu (2) de yerine konursa yerin eğik düzleme uyguladığı normal kuvvet

$$R = Mg \frac{M + m}{M + m \sin^2 \theta}$$

olarak bulunur.

(c) Kutunun eğik düzlem üzerinde hareketsiz kalabilmesi için kutuyu eğik düzlem üzerinde aşağıya doğru çeken yerçekimi bileşeninin, yukarıya doğru bir kuvvetle dengelenmesi gerekir. Bu da ancak Şekil

3e de görüldüğü gibi sola doğru yatay bir eylemsizlik kuvvetinin x' doğrultusundaki bileşeni olabilir:

$$mg \sin \theta = ma \cos \theta.$$

Yani eğik düzlemin ivmesi sağa doğru ve

$$(6) \quad a = g \tan \theta$$

büyükliğünde olmalıdır. Kutunun diğer hareket denklemi ise şöyledir:

$$(7) \quad \Sigma F_y' = N - ma \sin \theta - mg \cos \theta = 0.$$

Kutunun üstünde sola doğru bir eylemsizlik kuvvetinin olması eğik düzlemin sağa doğru ivmelenmesi, bu ise sağa doğru bir F kuvvetinin etki etmesi ile mümkündür (Şekil 3f). Eğik düzlemin yatay doğrultudaki hareket denklemi şöyledir:

$$(8) \quad \Sigma F_x = F - N' \sin \theta = Ma.$$

(6) yı (7) de kullanarak kutu ile eğik düzlem arasındaki etkileşme kuvvetleri

$$N = N' = mg / \cos \theta$$

ve bu kuvvet (8) de yerine koyularak uygulanması gereken F kuvveti hesaplanabilir.

$$F = g (M + m) \tan \theta.$$

(Devam edecek..)

Bu yazı dizisinin hazırlanmasında yararlanılan kaynak listesi, dizinin son makalesinde verilecektir.