

T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

HAYAT BOYU ÖĞRENME GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
AÇIK ÖĞRETİM DAİRE BAŞKANLIĞI

FİZİK

7

DERS KİTABI

YAZAR

Sadık AHRAZOĞLU



ANKARA - 2023

**MEB HAYAT BOYU ÖĞRENME GENEL MÜDÜRLÜĞÜ YAYINLARI
AÇIK ÖĞRETİM OKULLARI**

Dil Uzmanı
Bülent Kenan ERKAN

Grafik ve Görsel Tasarım



Kocatepe Mahallesi İnkılap Sokak
22/13 Çankaya / ANKARA
(507) 883 36 88

Copyright © MEB

Her hakkı saklıdır. Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Tümü ya da bölümleri izin alınmadan hiçbir şekilde çoğaltılamaz, basılamaz ve dağıtılamaz.



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana vâdettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlahî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerihamdan İlahî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden naşım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif ERSOY

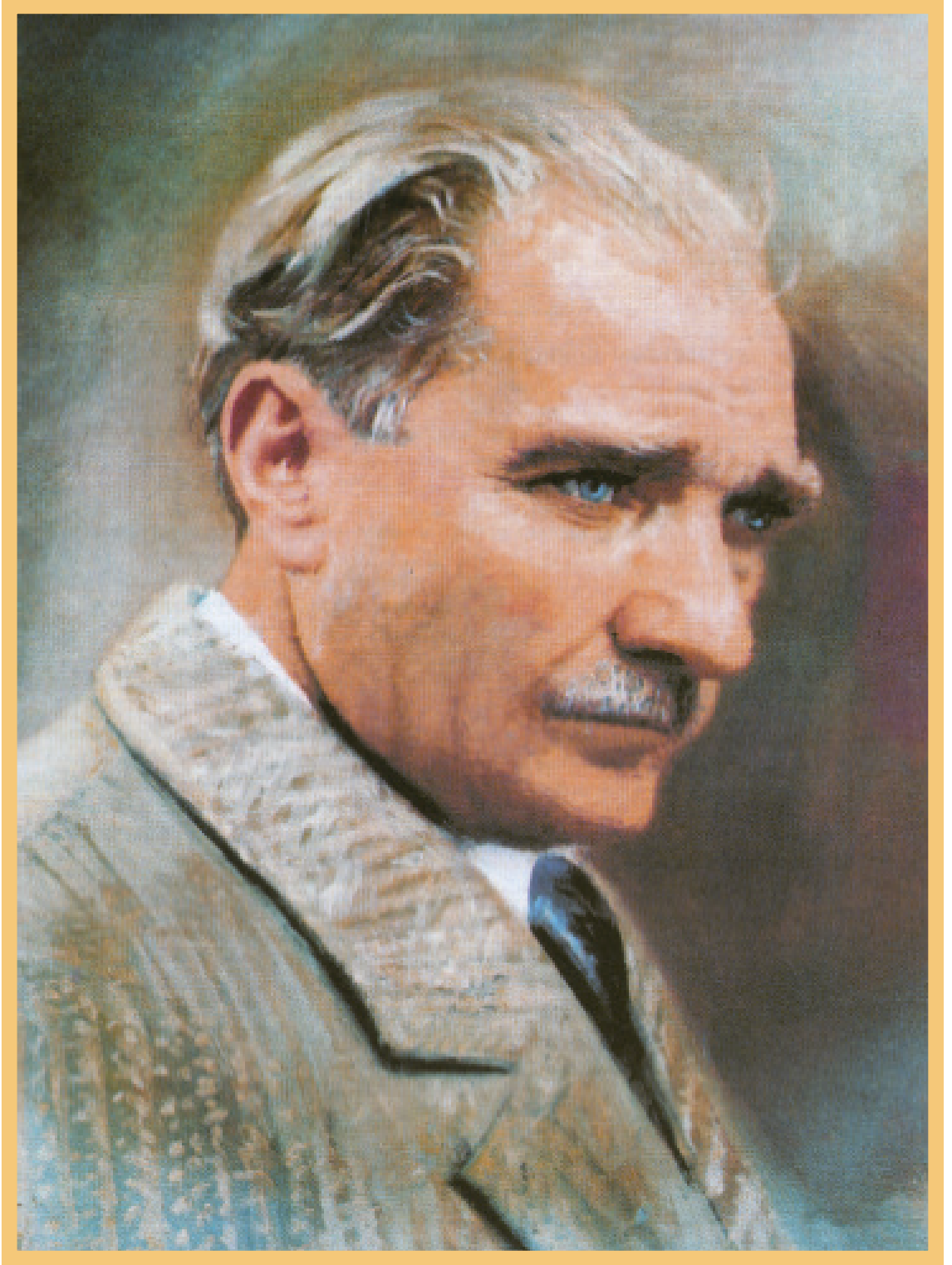
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyen dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsaî bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER

1.ÜNİTE: KUVVET VE HAREKET

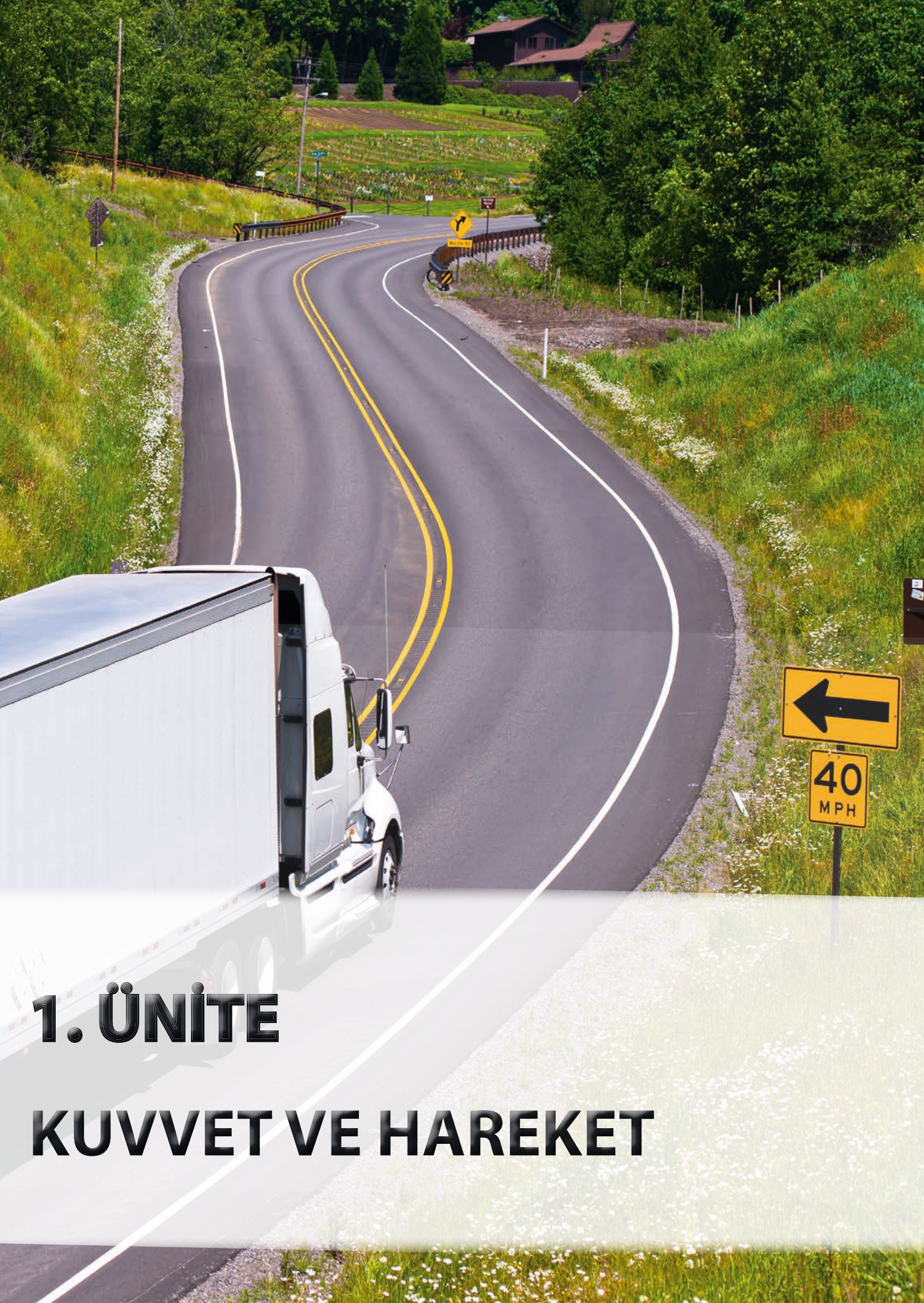
1.1. ÇEMBERSEL HAREKET	11
1.1.1 Düzgün Çembersel Hareket	11
1.1.2 Düzgün Çembersel Harekette Kullanılan Kavramlar	12
1.2 Merkezci Kuvvet	17
1.3 Yatay Düzlemde Düzgün Çembersel Hareket.....	19
1.4 Düşey Düzlemde Düzgün Çembersel Hareket.....	20
1.5 Yatay, Eğimli ve Düşey Zeminlerde Araçların Hareketi	22
1.2. DÖNEREK ÖTELEME HAREKETİ	26
1.2.1 Öteleme ve Dönme Hareketi.....	26
1.3. EYLEMSİZLİK MOMENTİ	29
1.4. DÖNME VE DÖNEREK ÖTELEME HAREKETİ YAPAN CİSMİN KİNETİK ENERJİSİ	32
1.5. AÇISAL MOMENTUM VE KORUNUMU	34
1.5.1 Açisal Momentum	34
1.5.2 Açisal Momentum ve Çizgisel Momentum.....	35
1.5.3 Açisal Momentum ve Tork	36
1.6. AÇISAL MOMENTUMUN KORUNUMU	37
1.7. KÜTLE ÇEKİM KUVVETİ	40
1.7.1 Kütle Çekim Kuvveti Nedir?.....	40
1.8. KÜTLE ÇEKİM İVMESİ	43
1.9. KÜTLE ÇEKİM POTANSİYEL ENERJİSİ	44
1.10. KEPLER KANUNLARI	46
1. ÜNİTE ÖZET	49
1. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI	51

2.ÜNİTE: BASİT HARMONİK HAREKET

2.1. BASİT HARMONİK HAREKET	61
2.2. ÇEMBERSEL HAREKET VE BASİT HARMONİK HAREKET	63
2.3. BASİT HARMONİK HAREKETTE KONUMUN ZAMANA GÖRE DEĞİŞİMİ	68
2.4. BASİT HARMONİK HAREKETTE KUVVET, HIZ VE İVMENİN KONUMA GÖRE DEĞİŞİMİ	70
2.5. BASİT HARMONİK HAREKETTE PERİYOT	74
2. ÜNİTE ÖZET	78
2. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI	79

3.ÜNİTE: DALGA MEKANİĞİ

3. DALGA MEKANİĞİ.....	91
3.1. DALGALARDA KIRINIM, GİRİŞİM VE DOPPLER OLAYI.....	91
3.1.1 Su Dalgalarında Kırınım Olayı	92
3.1.2 Su Dalgalarında Girişim Olayı.....	94
3.2. IŞIĞIN ÇİFT YARIKTA GİRİŞİMİ	99
3.2.1 Işığın Çift Yarıktaki Girişimine Etki Eden Değişkenler	101
3.3. IŞIĞIN TEK YARIKTA KIRINIMI	104
3.3.1 Işığın Tek Yarıktaki Kırınımına Etki Eden Değişkenler.....	105
3.4. IŞIĞIN DOĞASI.....	108
3.5. DOPPLER OLAYI.....	110
3.6. ELEKTRO MANYETİK DALGALAR.....	113
3.6.1 Elektro Manyetik Dalgaların Özellikleri.....	114
3.6.2 Elektro Manyetik Spektrum	116
3. ÜNİTE ÖZET	121
3. ÜNİTE ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI	123
UYGULAMA ÇÖZÜMLERİ	131
CEVAP ANAHTARI	132
SÖZLÜK	133
KAYNAKÇA	136



1. ÜNİTE

KUVVET VE HAREKET



ÜNİTE KONULARI

- ▶ ÇEMBERSEL HAREKET
- ▶ DÖNEREK ÖTELEME HAREKETİ
- ▶ EYLEMSİZLİK MOMENTİ
- ▶ DÖNME VE DÖNEREK ÖTELEME HAREKETİ YAPAN CİSMİN KİNETİK ENERJİSİ
- ▶ AÇISAL MOMENTUM VE KORUNUMU
- ▶ AÇISAL MOMENTUMUN KORUNUMU
- ▶ KÜTLE ÇEKİM KUVVETİ
- ▶ KÜTLE ÇEKİM İVMESİ
- ▶ KÜTLE ÇEKİM POTANSİYEL ENERJİSİ

1. ÜNİTE



NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

Bu ünitenin birinci bölümünde;

Düzgün çembersel hareket eden cisimlerin yatay ve düşeydeki hareketlerini, Yatay veya eğimli virajı dönen araçları etki eden kuvvetleri öğreneceğiz.

Çembersel harekette kullanılan kavramları,

Bu ünitenin ikinci bölümünde;

Dönerek öteleme hareketi yapan cisimlerin hareketlerini, Eylemsizlik momentini öğreneceğiz.

Bu ünitenin üçüncü bölümünde;

Açısal momentum ve çizgisel momentumu, Açısal momentumun korunumunu öğreneceğiz.

Bu ünitenin dördüncü bölümünde;

Kütle çekim kuvvetini ve çekim potansiyel enerjisini öğreneceğiz.

Bu ünitenin dördüncü bölümünde;

Kepler Kanunlarını öğreneceğiz.

ANAHTAR KELİMELER

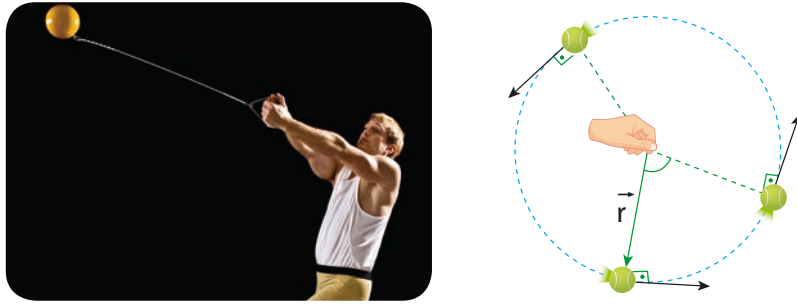
- Çizgisel Hız
- Açısal Hız
- Merkezci Kuvvet
- Merkezci İvme
- Eylemsizlik Momenti
- Açısal Momentum
- Kütle Çekim Kuvveti

1.1. ÇEMBERSEL HAREKET

1.1.1 Düzgün Çembersel Hareket

Hareket hâlindeki bir cisme etki eden net kuvvet cismin hareket doğrultusunda ise bu cismin hareketine **doğrusal hareket** denir ancak bu hareketli cisme etki eden net kuvvet cismin hareketi doğrultusunda değilse bu cisim çembersel yörüngede hareket eder. Elektronların atom çekirdeğinin çevresindeki hareketinden evrendeki gezegenlerin ve uydularının yörüngelerindeki hareketleri çembersel harekete örnek vermek mümkündür.

Şekil 1.1'deki gibi ipin ucuna bir cisim bağlanıp sabit kuvvetle sürekli döndürüldüğünde cismin yörüngesi çember olur. Sabit kuvvet, büyüklüğü değişmeyen hız vektörüne dik ve sürekli etki ettiğinde cisme r yarıçaplı yörünge üzerinde **düzgün çembersel hareket** yaptırır.



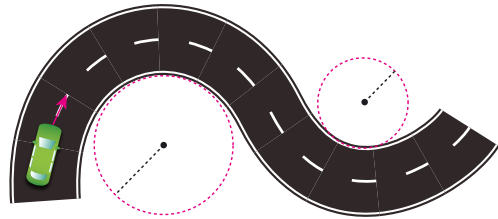
Şekil 1.1. Düzgün çembersel hareketin oluşumu

Şekildeki gibi eğrisel bir yol üzerinde sabit kuvvetin etkisiyle eşit zaman aralıklarında eşit miktarda yol alan cismin yaptığı harekete **düzgün çembersel hareket** denir. Düzgün çembersel hareketin bir başka örneği kara yolunda virajı dönen araçların yaptığı harekettir. (Resim 1.1).

Virajlı yolu sabit süratle dönen araç, çember yayı üzerinde hareket eder. Virajlı yolu bir çembere tamamladığımızda aracın dönerken yaptığı hareketi **düzgün çembersel hareket** olarak tanımlayabiliriz (Şekil 1.2).



Resim 1.1 Virajlı yolda hareket eden araç

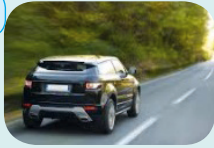


Şekil 1.2. Çembere tamamlanmış virajlı yol



1. UYGULAMA

Resimde verilen hareketlerden, çembersel hareket ile ilgili olanların yanlarındaki kutucuğu işaretleyiniz.



Düz bir yolda sabit süratle giden aracın hareketi



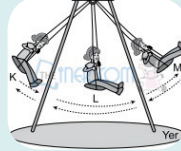
Dünya'nın Güneş çevresindeki dolanım hareketi



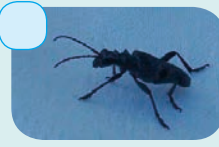
Paraşütün yere düşerken hareketi



Lunaparklarda dönme dolabın hareketi



Salıncakta sallanan çocuğun hareketi



Masada yürüyen böceğin hareketi

1.1.2 Düzgün Çembersel Harekte Kullanılan Kavramlar

Periyot (T)

Periyot kavramı sık sık tekrar eden durumlar için kullanılan ve zamanı ifade eden bir kavramdır. Çembersel hareket eden bir hareketlinin yörüngesi boyunca bir tam dolanımı için geçen süredir. Periyot "T" ile gösterilir ve SI (Uluslararası Birim Sistemi)'daki birimi saniyedir(s).

Frekans(f)

Düzgün çembersel hareket eden bir cismin saniyedeki dolanım sayısı, cismin hareketinin **frekansı** olarak tanımlanır. Frekans "f" ile gösterilir ve SI'daki birimi 1/s (s^{-1}) yani Herz'dir(Hz).

Periyot ve frekans kavramları birbirleriyle ters orantılı olduğundan aralarında $T \cdot f = 1$ bağıntısı olduğu kolayca anlaşılır. Periyot ve frekans kavramlarının birbirinin tersi olduğu

$T = \frac{1}{f}$ ve $f = \frac{1}{T}$ eşitliklerinden de bulunabilir.

Fizik 7

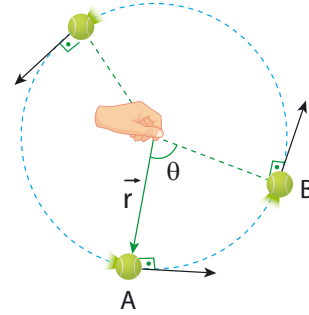
Çizgisel Hız(v)

Bir hareketlinin birim zamanda yaptığı yer değiştirmeye **hız** denir ve v ile gösterilir. Hız, vektörel bir büyüklüktür. **Sürat** ise hareketli bir cismin birim zamanda aldığı yol olarak tanımlanır. Sürat yine v ile gösterilir ancak skaler büyüklüktür.

Düzgün çembersel hareket eden bir cismin çember yayı üzerinde birim zamanda gittiği yay uzunluğuna **çizgisel hız** denir. Çizgisel hız, cismin hareketi boyunca yörüngeye teğettir. Düzgün çembersel harekette, cismin hareketi boyunca çizgisel hızın büyüklüğü değişmezken yönü her zaman değişir. (Şekil 1.3)

Çizgisel hız v ile gösterilir, vektörel bir büyüklüktür. SI'daki birimi metre/saniye'dir.

Şekil 1.3'te düzgün çembersel hareket eden cisim ok yönünde harekete başlayıp A noktasından harekete başlayıp tekrar A noktasına gelinceye kadar geçen süre periyot (T) kadardır. Cisim bu arada çemberin çevresi ($2\pi r$) kadar yol alır. Şekil 1.3'te cisim A noktasından B noktasına gelinceye kadar geçen t sürede ise θ açısı kadar açı süpürmüş olur. Bu sürede cismin çizgisel hızının büyüklüğü, yay uzunluğunu zamana oranı ile bulunur. $\left(v = \frac{AB}{t}\right)$

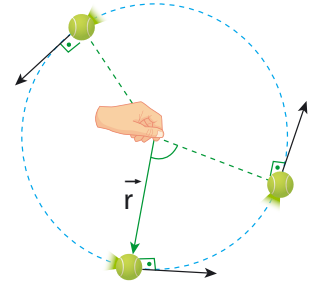


Şekil 1.3. Düzgün çembersel hareket eden bir cismin çizgisel hız vektörü

Düzgün doğrusal harekette alınan yol ifadesi; $X = v \cdot t$ 'dir. Bu bağıntıda x yerine $2\pi r$ ve t yerine de T yazılırsa; çizgisel hızın büyüklüğü $v = \frac{2\pi r}{T}$ veya $v = 2\pi r f$ bağıntısı ile bulunur.

Yarıçap vektörü(r)

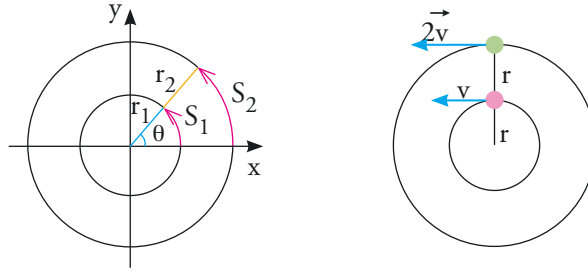
Çembersel hareket eden bir cismin, yörüngesinin merkezinden o anda bulunduğu konuma doğru çizilen vektöre **yarıçap vektörü** denir. Yarıçap vektörü r ile gösterilir, yönü her zaman merkezden cisme doğrudur. Birimi SI'da metredir(m). Yarıçap vektörüne konum vektörü de denilebilir. Çizgisel hız vektörü her zaman yarıçap vektörüne dik çembersel yörüngeye teğet olduğundan çizgisel hız teğetsel hız olarak da adlandırılır. (Şekil 1.4)



Şekil 1.4. Çembersel harekette yarıçap vektörü(r) ve çizgisel hız(v)

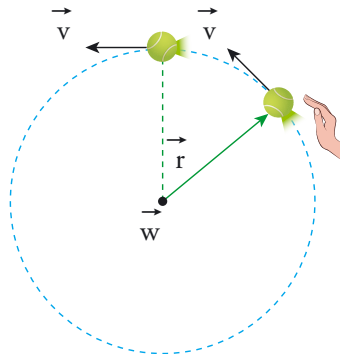
Açısal hız(w)

Çembersel yörüngede dolanan bir cisim, yörüngeye teğet olan çizgisel hızından başka bir de açısal hıza sahiptir.



Şekil 1.5. Aynı doğrultuda çembersel hareket eden iki cisim

Şekil 1.5'teki gibi aynı doğrultu üzerinde iki cisim, düzgün çembersel hareket ettiklerinde yarıçapları farklı olsa bile aynı sürede taradıkları açı aynıdır. Buna göre, düzgün çembersel hareket eden bir cismin yarıçap vektörünün birim zamanda taradığı açıya **açısal hız** denir. Açısal hız yarıçapa bağlı değildir. Vektörel büyüklüktür ve SI'daki birimi radyan/saniye (rad/s)'dir. Açısal hız ω sembolü ile gösterilir ve yönü sağ el kuralı ile bulunur. Sağ elin dört parmağı cismin yörüngedeki dönüş yönünü gösterecek şekilde açılır. Dört parmağa dik olarak açılan baş parmağın yönü de açısal hızın yönünü gösterir. (Şekil 1.6)



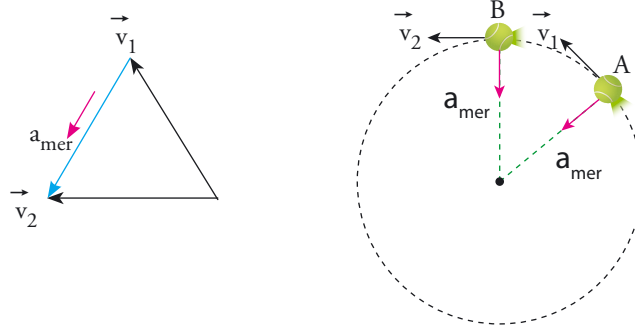
Şekil 1.6. Sağ el kuralı açısal hızın yönü

Açısal hız $\omega = \frac{2\pi}{T}$ veya $\omega = 2\pi f$ bağıntılarıyla bulunur. Çizgisel hız, açısal hız ve yarıçap vektörleri arasında, $v = \omega \cdot r$ veya $v = \frac{2\pi r}{T}$ bağıntılarıyla ifade edilir. Açısal hız vektörünün şiddetine de **açısal sürat** denir.

MERKEZCİL İVME (a_{mer})

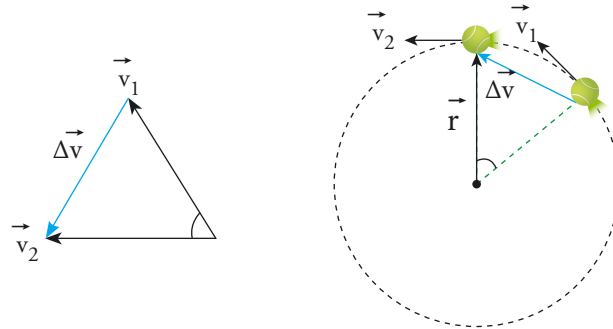
Hareketli bir cismin ivmesinden bahsedebilmek için hızının zamanla değişmesi gerekir. Düzgün çembersel hareket eden bir cismin hız büyüklüğü değişmez ancak cismin hareketinin yörüngesi sürekli değiştiğinden hızın yönü de her an değişiklik gösterir. Büyüklüğü değişmese dahi hızı her an değişen hareketlilerin ivmesinden bahsedebiliriz. Buna göre, düzgün çembersel harekette de cismin hız vektörü her an değiştiğinden ivmesi vardır. Hız değişiminin yönü çembersel yörüngenin merkezine doğru olduğundan **merkezcil ivme** denir.

Çembersel harekette ivmenin yönünü bulmak için hız değişiminin yönünü bilmek gerekir. Şekil 1.7' deki gibi çembersel harekette hız değişiminin yönü çemberin merkezine doğrudur.



Şekil 1.7. Merkezci ivmenin yönü

Cisim çembersel yörüngede A noktasından B noktasına Δt sürede geldiğinde hız değişimi $\Delta \vec{v} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$ olur.



Şekil 1.8. Çizgisel hız değişimi

Hız vektörü her durumda konum vektörüne dik olduğundan \vec{v}_1 ve \vec{v}_2 arasındaki açı konum vektörleri arasındaki açıya eşittir. Şekil 1.8'deki ikiz kenar üçgenlerin benzerliğinden $|v_1| = |v_2| = |v|$ eşitliği yazıldığında $\frac{\Delta v}{\Delta d} = \frac{v}{r}$ bağıntısı elde edilir. Bu bağıntıda $\Delta d = v \cdot \Delta t$ yazılırsa eşitlik $\frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{r}$ şeklinde oluşur. $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ bağıntısı ivmeye eşittir. Buna göre merkezci ivme için $a_{\text{mer}} = \frac{v^2}{r}$ bağıntısı elde edilir. Çizgisel hız yerine $w = \frac{v}{r}$ yazılırsa merkezci ivme $a_{\text{mer}} = w^2 \cdot r$ şeklinde de belirtilebilir. Merkezci ivmenin SI'da birimi metre/saniye² (m/s²)'dir.

Merkezci ivme, vektörel olarak $a_{\text{mer}} = -w^2 \cdot r$ şeklinde ifade edilir. Eşitlikteki (-) işareti merkezci ivmenin yönü ile yarıçap vektörünün yönünün zıt olduğunu gösterir. Merkezci ivmenin büyüklüğü istenilen durumlarda (-) işareti yazılmaz.



2. UYGULAMA

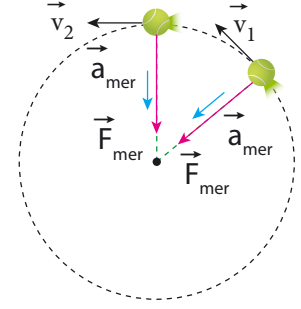
Sabit süratle hareket eden bir aracın tekerlekleri dakikada 180 devir yapmaktadır.

Buna göre bu tekerleklerin;

- periyodunu,
- frekansını,
- açısal hızını bulunuz.

1.2. MERKEZCİL KUVVET

Bir cismin hızındaki değişime **ivme** denir ve ivmeyi de sıfırdan farklı net kuvvet oluşturur. Düzgün çembersel hareket eden bir cismin çizgisel hızının sürekli değiştiğini, hız vektörünün zamana göre değişiminin merkezci ivme olduğunu da biliyoruz. Newton'un II.Hareket Yasası'na göre, bir cismin ivmeli hareket edebilmesi için cismin üzerine sıfırdan farklı net kuvvet etki etmelidir($F=m.a$). Çembersel harekette merkezci ivmeye sebep olan ve merkezci ivme ile aynı yönde olan bu kuvvete **merkezci kuvvet** denir.(Şekil 1.9)



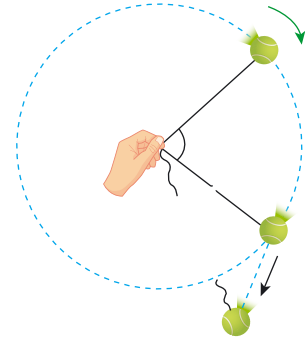
Şekil 1.9. Merkezci kuvvet

Merkezci kuvvet yeni bir kuvvet çeşidi olmayıp çembersel hareketlerde tepki kuvveti, sürtünme kuvveti, kütle çekim kuvveti ve elektriksel kuvvet gibi kuvvetlerin çembersel harekete sebep olmasıyla ortaya çıkar. Düzgün doğrusal hareket eden bir cisme hareketi doğrultusunda sabit kuvvet etki ettiğinde cisim düzgün çembersel hareket yapar. Buna göre, cismin düzgün çembersel hareket yapabilmesi için yarıçap vektörü doğrultusunda merkeze yönelmiş net kuvvetin etkisi altında olması gerektiğini çıkarabiliriz. Newton'un II.Hareket Yasası'na göre net kuvvet

$$F_{net} = F_{mer} = m \cdot a_{mer} \text{ dir.}$$

Merkezci ivme için $a_{mer} = \frac{v^2}{r}$ 'den, $F_{mer} = m \cdot \frac{v^2}{r}$ bulunur. Ayrıca çizgisel hızın büyüklüğü için $v = \omega \cdot r$ 'den $F_{mer} = m \cdot \omega^2 \cdot r$ eşitlikleri de elde edilir.

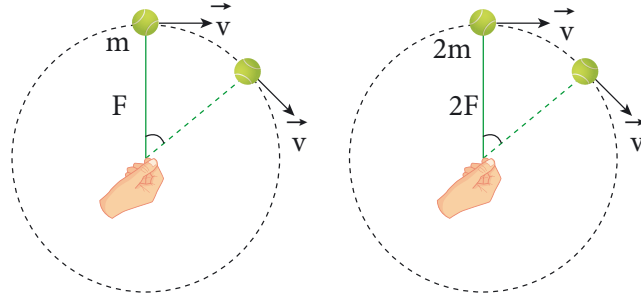
İpe bağlı bir cisim yatay düzlemde düzgün çembersel hareket ederken ip birden koptuğunda cisim çembersel hareketine devam edemez. Şekil 1.10'da görüldüğü gibi ip koptuğu anda cisim, bu noktadan itibaren yörüngeye çizilen teğet doğrultusunda hareket eder.



Şekil 1.10. İp koptuğunda top çembersel hareketini sürdüremez.

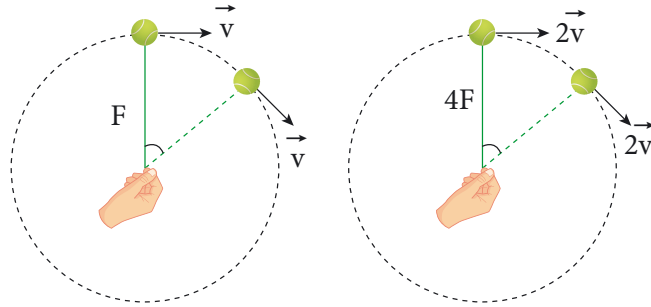
Buna göre, düzgün çembersel hareket eden cisim üzerine etki eden kuvvet ortadan kalktığı anda cisim çembersel hareketini sürdüremez. Şimdi de merkezci kuvvetin nelere bağlı olduğunu açıklayalım.

Farklı kütlelere sahip iki topu aynı uzunluktaki iplere bağlayıp aynı süratle döndürmek için, kütlesi büyük olan topa daha şiddetli bir kuvvet uygulamamız gerekir. Düzgün çembersel hareket eden cismin kütlesi arttıkça aynı sürate ulaşmak için cisme uygulanan merkezci kuvvet de artar. Dolayısıyla merkezci kuvvet cismin kütlesine bağlı ve doğru orantılıdır. (Şekil 1.11)



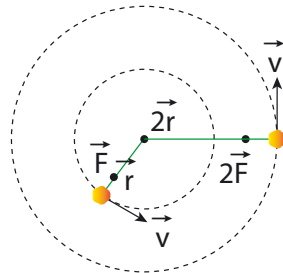
Şekil 1.11. Çembersel hareket yapan farklı kütleli cisimlere etki eden merkezci kuvvetler

Aynı uzunluktaki iplere bağlı iki toptan birini daha küçük süratle, diğerini daha büyük süratle yatay düzlemde döndürdüğümüzde sürati büyük olana etki eden merkezci kuvvet de büyük olur.(Şekil 1.12)



Şekil 1.12. Çembersel hareket yapan özdeş cisimlere etki eden merkezci kuvvetler

Özdeş iki top farklı uzunluklardaki iplere bağlanıp eşit süratlerle döndürebilmek için uzun olan ipteki topa daha küçük kuvvet uygularız. Buradan da yarıçap arttıkça merkezci kuvvet azalır yani merkezci kuvvet yarıçap ile ters orantılıdır.(Şekil 1.13)



Şekil 1.13. Çembersel hareket yapan farklı yarı çaptaki özdeş cisimlere etki eden merkezci kuvvetler

1.3. YATAY DÜZLEMDE DÜZGÜN ÇEMBERSEL HAREKET

Mutfaklarda kullandığımız elektrikli doğrayıcılar çalıştığında yatay düzlemde çembersel hareket yaparak içerisindeki yiyecekleri parçalar (Resim 1.2)



Resim 1.2. Doğrayıcı çalıştırıldığında yatay düzlemde düzgün çembersel hareket yapar.

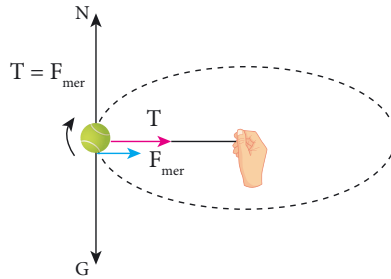
Bunun nedeni doğrusal hareket yapmak isteyen yiyecekler doğrayıcının kenarına doğru yönelmesidir. Kenarda yükselen yiyecekler merkezci kuvvet etkisiyle yatay düzlemde çembersel hareket yapmaya başlar. Çocukların ayağına takıp çevirerek oynadıkları “halhal oyuncağı” da yatay düzlemde çembersel hareket eder. İpin ucuna bağlı olan topa çembersel yörüngede hareket edecek şekilde hız kazandırılır. Topun sürekli dönmesi için topun hız yönüne dik kuvvet uygulanır (Resim 1.3).



Resim 1.3. Yatay düzlemde çembersel hareket yapan “halhal oyuncağı”

Yatay düzlemde düzgün çembersel hareket eden cisme etki eden kuvvetler nelerdir? Bu sorunun cevabını bulabilmek için yatay sürtünmesi ihmal edilen düzlemde hareket eden bir cisme ait serbest cisim diyagramını çizelim.

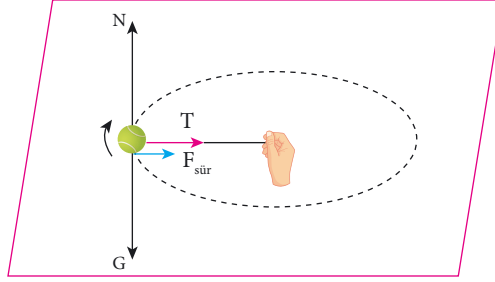
Şekil 1.14’teki gibi ipin ucuna bağlanmış topa, büyüklüğü sabit çizgisel hız ile yatay bir zeminde düzgün çembersel hareket yaptıralım. Yatay zemindeki sürtünme ihmal edildiğinde ipte sadece gerilme kuvveti oluşur. Topa düzgün çembersel hareketi boyunca etki eden ipteki gerilme kuvveti, merkezci kuvvetidir.



Şekil 1.14. Yatay sürtünmesiz düzlemde düzgün çembersel hareket yapan cismin serbest cisim diyagramı

Yatay ve sürtülmeli düzlemde çembersel hareket eden topa etkiyen kuvvetleri de çizelim. (Şekil 1.15) Bu durumda cisme etki eden merkezci kuvvet, ipteki gerilme kuvveti ile sürtünme kuvvetinin bileşkesidir.

$$F_{\text{mer}} = T + F_{\text{sür}}$$



Şekil 1.15. Yatay sürtülmeli düzlemde düzgün çembersel hareket yapan cismin serbest cisim diyagramı

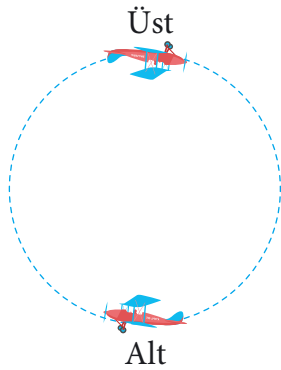
1.4. DÜŞEY DÜZLEMDE DÜZGÜN ÇEMBERSEL HAREKET

Lunaparklarda bindiğimiz dönme dolapların ve hız trenlerinin hareketi düşey düzlemde çembersel harekettir. Kabine bindiğimizde kabin düşey düzlemde hareket ederken kabine etki eden kuvvetler kabin en üstte, en altta ve yan taraflarda iken farklıdır (Resim 1.4).

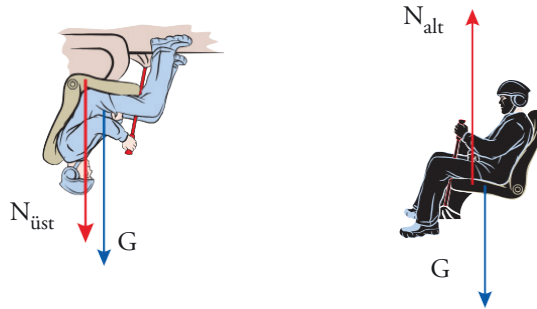


Resim 1.4. Dönme dolap ve hız treni

Şekil 1.16'daki gibi düşey düzlemde düzgün çembersel hareket yaparak dolanan bir gösteri uçağında pilotu yörüngede tutan kuvvet, değeri sabit olan merkezci kuvvettir.



Şekil 1.16. Düşey düzlemde düzgün çembersel hareket



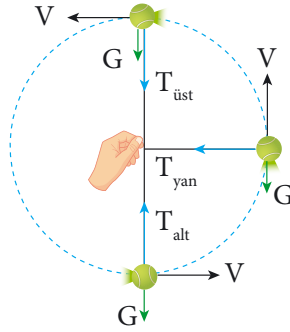
Şekil 1.17. Pilota etki eden kuvvetler

Fizik 7

Çemberin alt noktasında pilota etki eden tepki kuvvetiyle pilotun ağırlığı zıt yönlüdür. Çemberin üst noktasında ise kuvvetler aynı yönlüdür (Şekil 1.17). Her bir noktada bu kuvvetlerin bileşkesi sabit değerdeki merkezci kuvveti verir.

Düşey düzlemde düzgün çembersel hareket eden bir cisme hangi kuvvetlerin etki ettiğini serbest cisim diyagramını ile belirleyelim.

Bir ipin ucuna bağlanan, kütlesi m kadar olan bir topun düşey düzlemde, O noktası etrafında düzgün çembersel hareket yapmasını sağlayalım. Topun yörüngenin en alta, en üstte ve yanda olması durumunda üzerine etkiyen kuvvetler Şekil 1.18'de gösterilmiştir.



Şekil 1.18. Düşey düzlemde düzgün çembersel hareket yapan cismin serbest cisim diyagramı

Topun yörünge üzerinde hareketini sağlayan, büyüklüğü sabit merkezci kuvvetin çemberin merkezine doğru yöneldiğini biliyoruz. Bu nedenle merkezci kuvvetin büyüklüğü, top yörüngenin,

$$\text{En üst noktasındayken; } F_{\text{mer}} = T_{\text{üst}} + G$$

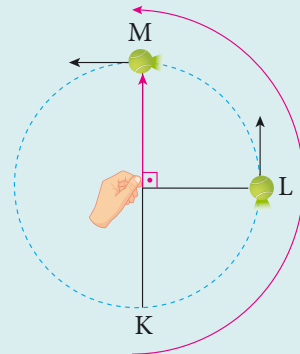
$$\text{En alt noktasındayken; } F_{\text{mer}} = T_{\text{alt}} - G$$

$$\text{Tam yanda bir noktadayken; } F_{\text{mer}} = T_{\text{yan}} \quad \text{olarak yazılır.}$$



3. UYGULAMA

Kütlesi m olan bir top düşey düzlemde şekildeki gibi ok yönünde sabit süratle döndürülmektedir. Topun K,L ve M noktalarındaki çizgisel hız, merkezci kuvvet ve yarıçap vektörlerini çiziniz.



1.5. YATAY, EĞİMLİ VE DÜŞEY ZEMİNLERDE ARAÇLARIN HAREKETİ

Kara yollarında yolculuk yaparken virajlı yollarla karşılaşırız. Yolların virajlı kısmına gelindiğinde, yol kenarına uyarı levhaları konulur (Resim 1.5). Uyarı levhasını gören sürücüler virajın olduğu bilgisini edinecek araçlarının hızlarını uygun hâle getirir ve virajı emniyetli bir şekilde alırlar.



Resim 1.5 Virajlı yol uyarı levhası

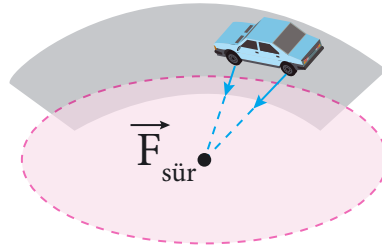
a) Yatay Zemin

Kara yollarındaki araçların hız limitleri ortam şartlarına göre değişir ve bu limit değerler uyarı levhaları ile sürücülere belirtilir. Yatay virajlı yollarda da sürücülerin uyması için yol kenarına uyarı levhası konulur (Resim 1.6).



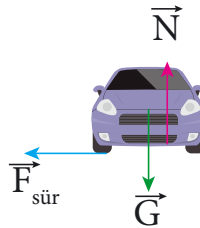
Resim 1.6 Hız limit levhası

Sürücüler bu uyarı levhasını gördüklerinde hızlarını buna göre ayarlar. Eğer belirtilen limit değerden daha hızlı viraja girerlerse savrulup kaza yapabilirler. Doğrusal yolda ilerlemekte olan araç yatay viraja girdiğinde merkezci kuvvetin etkisinde kalır. Merkezci kuvvetin büyüklüğü aracın tekerlekleri ile yer arasındaki sürtünme kuvvetinin büyüklüğünden küçük veya eşit olması durumunda araç virajı emniyetli bir şekilde döner (Şekil 1.19).



Şekil 1.19. Yatay virajlı yolda sürtünme kuvveti

Sürücüler, virajlı yollara girdiklerinde hızlarını frene basarak merkezci kuvvetin büyüklüğünü sürtünme kuvvetine eşitleyerek emniyetli bir şekilde virajı dönerler. Buna göre yatay virajlı yolda aracın güvenli bir şekilde virajı dönebildiği sırada sürtünme kuvveti, aracın dönebilmesi için gerekli merkezci kuvveti oluşturur. Bu durumda $F_{mer} = F_{sür}$ eşitliğini yazabiliriz.



Şekil 1.20. Yatay virajlı yolda aracın serbest cisim diyagramı

Fizik 7

Şekil 1.20'de G , aracın ağırlık vektörü; N , aracın ağırlığından dolayı yüzeyin uyguladığı dik tepki kuvvet vektörüdür. Yatay düzlemde tepki kuvveti büyüklüğünün aracın ağırlığına eşit olduğunu biliyoruz. Yolun sürtünme katsayısı k , aracın kütlesi m , virajlı yolun yarıçapı r olmak üzere;

$$F_{\text{sür}} = F_{\text{mer}} \text{ eşitliği yazılırsa,}$$

$$k \cdot N = m \cdot \frac{v^2}{r} \text{ yazılır.}$$

$$N = m \cdot g$$

$$k \cdot m \cdot g = m \cdot \frac{v^2}{r}$$

$$k \cdot g \cdot r = \frac{v^2}{r}$$

$$v = \sqrt{k \cdot g \cdot r} \text{ elde edilir.}$$

Buradan yağışlı havalarda sürtünme kuvveti azaldığından, yağışsız havalara göre viraja daha yavaş girmek gerektiği anlaşılır. Ayrıca dar virajların yarıçapı geniş virajlara göre daha küçük olduğundan dar virajlara girerken aracın süratini düşürmek gerekir.

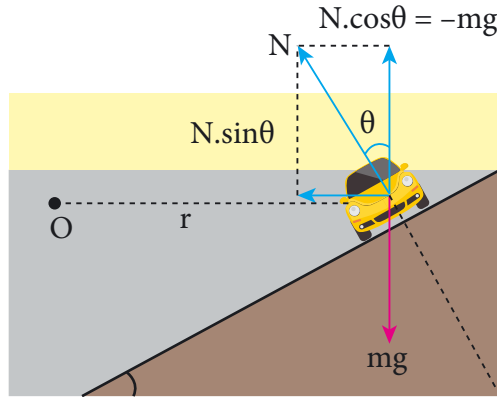
b) Eğimli Zemin

Yağışlı havalarda sürtünme kuvveti azalır veya dar virajlı yollarda araçların savrulma ihtimali büyük olduğundan yollara eğim verilir. Yola eğim verilmesinin bir başka sebebi de buzlanma riski fazla olan yollara da eğim verilerek araçların savrulmada güvenli bir şekilde virajı dönmesi sağlanır (Resim 1.7).



Resim 1.7 Eğimli virajlı yol

Viraja verilen eğim viraja giren aracın çembersel hareketini sürdürmesini sağlar. Sürtünme kuvvetinin ihmal edildiği eğimli bir viraja giren araca etki eden kuvvetler Şekil 1.21'de gösterilmiştir.



Şekil 1.21. Eğimli virajlı yolda hareket eden araca etki eden kuvvetler

Eğim açısı θ olan eğimli bir virajı araçların emniyetli bir şekilde dönebilmeleri için sahip olması gereken bir limit hız olmalıdır. Araca etki eden tepki kuvvetinin (N), Yatay bileşeni ($N \cdot \sin\theta$) araca etki eden merkezci kuvvete (F_{mer}) eşit olmalıdır.

Buna göre;

$$F_{\text{mer}} = N_x \quad N_x = N \cdot \sin\theta \quad m \cdot \frac{v^2}{r} = N \cdot \sin\theta$$

Normal kuvvetin düşey bileşeni de aracın ağırlığına eşittir.

$$N_y = N \cdot \cos\theta \quad mg = N_y \quad m \cdot g = N \cdot \cos\theta$$

Her iki eşitlikte N 'ler yalnız bırakıldığında,

$$N = \frac{m \cdot g}{\cos\theta} \quad N = \frac{m \cdot v^2}{r \cdot \sin\theta}$$

Bu değerler birbirine eşitlendiğinde ,

$$\frac{m \cdot g}{\cos\theta} = \frac{m \cdot v^2}{r \cdot \sin\theta} \text{ sonucu elde edilir.}$$

Bu sonuçtan $\tan\theta = \frac{v^2}{r \cdot g}$ eşitliği düzenlenirse, $v = \sqrt{g \cdot r \cdot \tan\theta}$ eşitliğine ulaşılır.

Bu ifade sürtünmesi ihmal edilen eğimli bir virajda araçların kaymadan emniyetli bir şekilde dönebilmesi için gerekli en küçük hızını verir. Virajlar için araçların uyması gereken sürat limitleri de bu bağıntı ile hesaplanıp uygulanır.

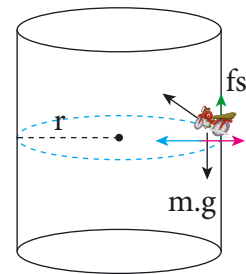
c) Düşey Zemin

Kaykay sürenlerin veya lunaparklardaki hız trenlerin yörüngesi düşey virajdır. Bu gösterilerde sürücülerin düşmeden nasıl hareket ettiği merak konusudur(Resim 1.8).



Resim 1.8 Düşey düzlemde düşmeden hareket eden kaykay sürücüsü

Kaykay sürücüsünün düzgün çembersel hareket yapmasını sağlayan merkezci kuvvet, zeminin kaykaya uyguladığı tepki kuvvetidir. Bu tepki kuvveti kaykayın geçtiği her noktaya göre değişir. Kaykayın düşey düzlemi emniyetli bir şekilde geçebilmesi için süratini ağırlığına ve yörüngenin yarıçapına göre ayarlamalıdır. Sirklerde düşey silindir şeklindeki bir yolda motosikletlerin düşmeden hareket ettiklerini seyrederiz. Silindir içinde motosiklete



Şekil 1.22. Silindir şeklindeki yüzeyde hareket eden motosiklet

Fizik 7

düzgün çembersel hareket ettiren merkezci kuvvet ile silindir zeminin tepki kuvvetidir. Merkezci kuvvet yüzeyin tepki kuvvetiyle, motosikletin ağırlığı da yüzeydeki sürtünme kuvvetiyle dengelenir. Böylece motosiklet aşağı kaymadan silindir yüzeyi boyunca hareket eder (Şekil 1.22).

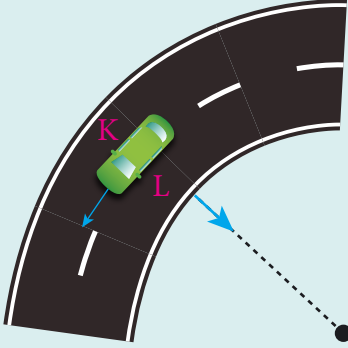
Motosiklete etki eden kuvvetler arasında,

$$m \cdot g = F_{\text{sür}} \text{ ve } N = F_{\text{mer}}$$

$$m \cdot g = k \cdot N \text{ bağıntısından } m \cdot g = k \cdot \frac{m \cdot v^2}{r} \text{ elde edilir ve } v = \sqrt{g \cdot \frac{r}{k}}$$

bağıntısı bulunur.

4. UYGULAMA



Şekildeki yatay virajı sabit süratle dönen aracın K koltuğunda oturan Ahmet ile L koltuğunda oturan Arda'nın kütleleri birbirine eşittir.

Virajın dönme eksenine göre,

I. Ahmet'in açısal hızı Arda'nın açısal hızına eşittir.

II. Ahmet'e etki eden merkezci kuvvet Arda'ya etki eden merkezci kuvvetten büyüktür.

III. Ahmet'in çizgisel hızı Arda'nın çizgisel hızından büyüktür.

yargılarından hangileri doğrudur?

5. UYGULAMA

Formula yarışlarına katılan bir sporcu virajlı yola girdiğinde yarışı tamamlayabilmesi için süratini düşürüp virajı içten dönmesinin sebebini açıklayınız.

1.2. DÖNEREK ÖTELEME HAREKETİ

1.2.1 Öteleme ve Dönme Hareketi

Çevremizde gördüğümüz hareketli varlıklar hareket durumlarına göre öteleme, dönme ve titreşim hareketi yaparlar. Odamızdaki masaya itme kuvveti uyguladığımızda, masa yatay düzlemde kayarak bir noktadan başka bir noktaya hareket eder (Resim 1.9).



Resim 1.9 Öteleme hareketi

Bir cismin kütle merkezinin bir noktadan başka bir noktaya yer değiştirmesine **öteleme hareketi** denir. Öteleme hareketi yapan cisimlerin tüm noktaları hareket düzlemine paralel, eşit süratle hareket ederler. Gezegenler ve rüzgar gülü kütle merkezi yer değiştirmeden kendi eksenini etrafında hareket ederler (Resim 1.10).



Resim 1.10 Dönme hareketi

Bir cismin kütle merkezi yer değiştirmeden sabit eksen etrafında yaptığı harekete **dönme hareketi** denir. Öteleme hareketi gibi dönme hareketi de bir kuvvetin etkisiyle gerçekleşir.

Hareket eden bazı cisimler hem öteleme hem de dönme hareketi yaparlar. Hareket hâlindeki bir otomobilin tekerleği dönme ve öteleme hareketini aynı anda yapar (Resim 1.11).

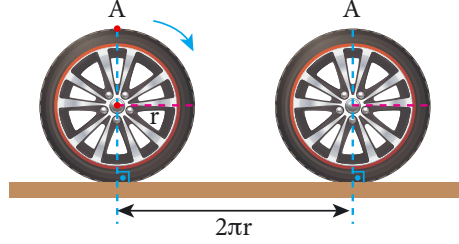


Resim 1.11 Dönerek öteleme hareketi

Fizik 7

Bisiklet sürerken bisikletin tekerlekleri dönerek öteleme hareketi yaparken bisikletin sürücüsü öteleme hareketi yapar (Resim 1.11).

Dönerek öteleme hareketi yapan aracın tekerleklerinden birinin üzerinde seçilen bir nokta(A) tekerlek bir döndüğünde çevresi kadar yol alır($2\pi r$) (Şekil 1.23).



Şekil 1.23: Dönerek öteleme hareketi yapan tekerlek

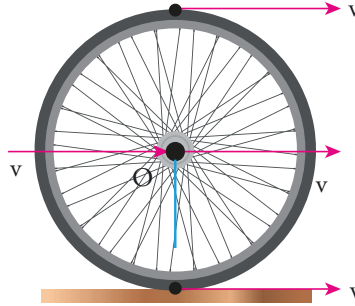
Tekerlek bir tam tur döndüğünde (periyot) kütle merkezinin yer değiştirmesi,

$$\Delta X = 2\pi r \text{ kadardır.}$$

Tekerlek N tur döndüğünde tekerlek üzerindeki bütün noktaların yer değiştirmesi,

$$\Delta X = N2\pi r \text{ olur.}$$

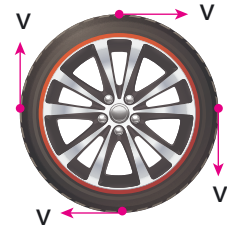
Buna göre tekerlek üzerindeki bütün noktaların öteleme hızları eşittir. Tekerlek üzerindeki bütün noktalar aynı yönde aynı öteleme hızıyla hareket eder (Şekil 1.24).



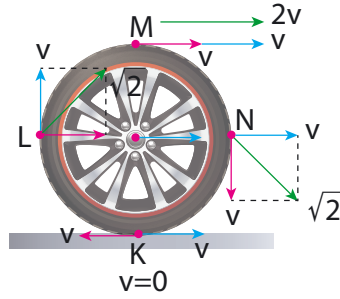
Şekil 1.24. Öteleme hareketi yapan tekerlek

Bu hız, $V_{\text{öteleme}} = \frac{2\pi r}{T}$ şeklinde ifade edilir.

Tekerlek sadece dönme hareketi yaptığında çembersel harekette olduğu gibi açısal hızının büyüklüğü yani dönme hızının büyüklüğü her yerde aynıdır. Bu değer $V_{\text{dönme}} = \frac{2\pi r}{T}$ veya $V_{\text{dönme}} = \omega \cdot r$ bağıntısıyla ifade edilir (Şekil 1.25). Buradan dönerek ilerleyen cisimlerin dönme ve öteleme hızlarının büyüklükleri eşittir sonucuna ulaşabiliriz. Dönerek ilerleme hareketine yuvarlanma hareketi de diyebiliriz. Yuvarlanan bir tekerleğin sadece kütle merkezi öteleme hareketi yapar. Kütle merkezi dışındaki bütün noktalar hem dönme hem de öteleme hareketi yapar (Şekil 1.25).



Şekil 1.25. Dönme hareketi yapan tekerlek



Şekil 1.26. Dönerek ilerleme hareketi yapan tekerlek

Yuvarlanan cisimler için sadece kütle merkezinin yere göre öteleme hızı vardır. Diğer noktalarının ise yere göre hem dönme hem de öteleme hızı vardır.

Şekildeki dönerek ilerleyen tekerleğin farklı noktalarının herhangi bir andaki hızlarının büyüklüğü dönme ve öteleme hızlarının vektörel toplamına eşittir (Şekil 1.26).

$$K \text{ noktasının yere göre hızının büyüklüğü } v_K = v_{\text{dönme}} - v_{\text{öteleme}} = 0$$

$$L \text{ ve } N \text{ noktalarının yere göre hızının büyüklüğü } v_L = v_N = \sqrt{2} v$$

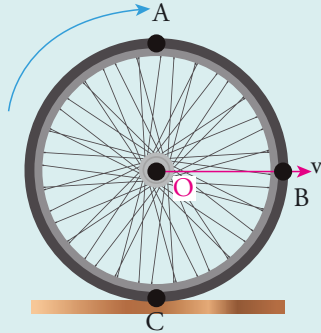
$$M \text{ noktasının yere göre hızının büyüklüğü } v_M = v_{\text{dönme}} + v_{\text{öteleme}} = 2v$$

$$O \text{ noktasının yere göre hızının büyüklüğü } v_O = v_{\text{öteleme}} = v$$



6. UYGULAMA

Şekildeki tekerlek ok yönünde dönerek ilerlemektedir.



Tekerleğin O noktasının hızı v olduğuna göre A, B, C noktalarının bileşke hızları arasındaki ilişki nedir?



7. UYGULAMA

Resimlerdeki hareketleri belirleyerek yanlarındaki kutucuklara, yalnız dönme hareketi olanlara D, yalnız öteleme hareketi olanlara Ö ve dönerek öteleme hareketi olanlara da Y yazınız.



Musluğu açıp - kapatmak



Hareketli bisikletin pedalını çevirmek



Yerdeki kutuyu itmek



Stres çarkını çevirmek



Hareketli otobüsteki yolcuların yere göre hareketi



Bowling topunun hareketi

1.3. EYLEMSİZLİK MOMENTİ

Newton'un Hareket Yasaları'ndan biri ile açıklanan eylemsizlik "Bir sistem üzerine etki eden net kuvvet sıfır ise o sistem ya durur ya da sabit süratle hareketine devam eder." şeklinde açıklanır. Buna göre eylemsizlik, kütleli cisimlerin itme veya çekme net kuvvetlerine karşı gösterdikleri direnç eğilimi olarak daha kısa açıklanabilir. Sabit süratle giden araçta araç aniden fren yaptığı anda ileriye doğru eğilmemiz, eylemsizliğimizi korumak için kütleminin gösterdiği dirençtir (Resim 1.12).

Bir cisme etki eden net kuvvet cisme bazen öteleme bazen de dönme hareketi yaptırır.

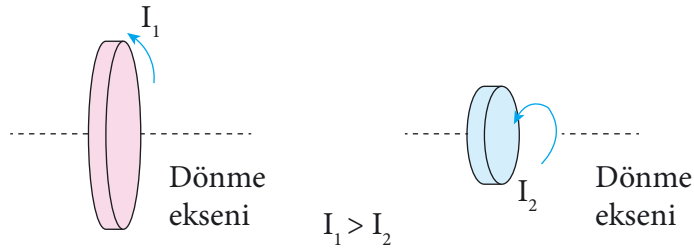
Öteleme hareketi yapan cisimlerin eylemsizliğinden bahsederken dönen cisimler için eylemsizlik momentinden bahsedebiliriz. Eylemsizlik momenti, cismin kütleminin dönme hareketindeki değişikliğe direnç göstermesinin bir ölçüsüdür. Eylemsizlik momenti I sembolü ile gösterilir ve SI' da birimi $\text{kg}\cdot\text{m}^2$ dir. Kütleminin m olan dönen bir cismin dönme eksenine uzaklığı r olan bir noktasının eylemsizlik momenti,



Resim 1.12 Otobüs fren yaptığı anda ileri doğru giden yolcular

$I=m.r^2$ bağıntısıyla bulunur. Bu bağıntıya göre dönen bir cismin eylemsizlik momenti,

- Cismin kütesine(m)
- Cismi oluşturan her parçacığın dönme eksenine olan dik uzaklığına(r)
- Cismin geometrik şekline bağlıdır.



Şekil 1.27. Silindirlere ait dönme eylemsizliği

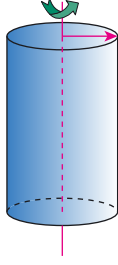
Şekil 1.27’de görülen büyük yarıçaplı silindir aynı kütleli, küçük yarıçaplı ama daha uzun silindirden daha fazla dönme eylemsizliğine sahip olacaktır çünkü yarıçapı büyük olanın dönmeye başlaması ve durması daha zordur. İp üstünde dengede kalmak isteyen cambaz da elindeki çubuğun hem yarıçapını küçük tutar hem de uzunluğunu fazla tutar. (Resim 1.13)



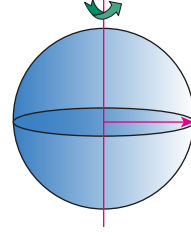
Resim 1.13 Elindeki uzun çubukla gösteri yapan ip cambazı

Bazı cisimlerin dönme eksenlerine göre eylemsizlik momenti Tablo 1.1’de verilmiştir. Bu cisimlerden hangisinin dönmeye karşı daha fazla direnç gösterdiğini açıklayınız.

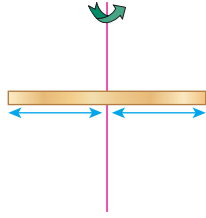
Fizik 7



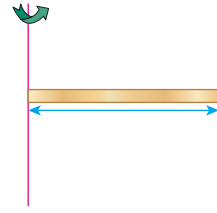
Kütlesi m, yarıçapı r olan içi dolu silindir $I = \frac{1}{2} m.r^2$



Kütlesi m, yarı çapı r olan içi dolu homojen küre $I = \frac{2}{5} m.r^2$



Kütlesi m, uzunluğu l olan homojen çubuk $I = \frac{1}{12} m.l^2$



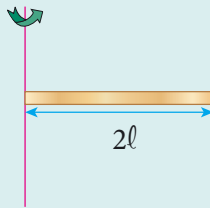
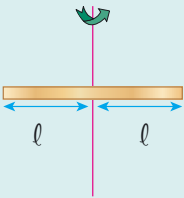
Kütlesi m, uzunluğu l olan homojen çubuk $I = \frac{1}{3} m.l^2$

Tablo 1.1 Bazı düzgün geometrik şekilli katı cisimlerin eylemsizlik momentini



8. UYGULAMA

Kütleleri eşit K,L ve M türdeş çubuklarından K ve L dişey eksen, M yatay eksen çevresinde Şekildeki gibi döndürölmek isteniyor.

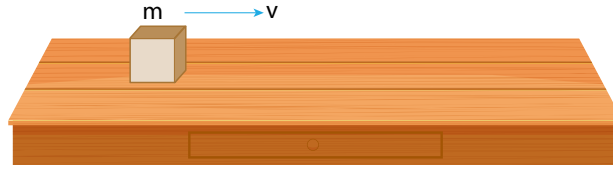


Buna göre, çubukların dönm eksenlerine göre eylemsizlik momentlerini belirleyerek hangi çubuğun eksen çevresinde daha zor döndüröleceğini açıklayınız.

1.4. DÖNME VE DÖNEREK ÖTELEME HAREKETİ YAPAN CİSMİN KİNETİK ENERJİSİ

Kütlesi m olan bir kutu yatay zeminde öteleme hareketi yaparken sahip olduğu kinetik enerji

$$E_{\text{öteleme}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \text{ bağıntısıyla bulunur. (Şekil 1.28)}$$



Şekil 1.28 Öteleme hareketi yapan cisim

Dönme hareketi yapan cisimlerin dönme hareketinden dolayı kazandıkları kinetik enerjiye **dönme kinetik enerjisi** denir. Sabit bir eksen etrafında dönme hareketi yapan cismin sahip olduğu dönme kinetik enerjisi, eylemsizlik momentine ve açısal hızının büyüklüğüne bağlıdır. Buna göre bir eksen etrafında ω açısal hızıyla dönen ve eylemsizlik momenti I olan cismin dönme kinetik enerjisi,

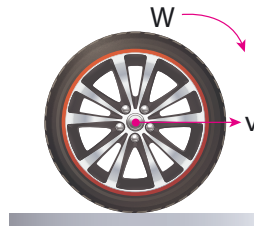
$$E_{\text{dönme}} = \frac{1}{2} I \cdot \omega^2 \text{ bağıntısıyla bulunur (Şekil 1.29).}$$

Dönerek öteleme (yuvarlanma) hareketi yapan bir cismin, öteleme hareketinden dolayı öteleme kinetik enerjisi ve dönme hareketinden dolayı da dönme kinetik enerjisi bulunur. Cismin sahip olduğu toplam kinetik enerji,

$$E_{\text{kinetik}} = E_{\text{dönme}} + E_{\text{öteleme}}$$

$$E_{\text{kinetik}} = \frac{1}{2} I \cdot \omega^2 + \frac{1}{2} m \cdot v^2 \text{ bağıntısıyla bulunur. Kay-}$$

madan yuvarlanan tekerleğin kütle merkezinin v hızıyla öteleme kinetik enerjisi ve eksen etrafında döndüğünde dönme kinetik enerjisine sahiptir. Tekerleğin toplam kinetik enerjisi, dönme kinetik enerjisi ile öteleme kinetik enerjisinin toplamıdır (Şekil 1.30).



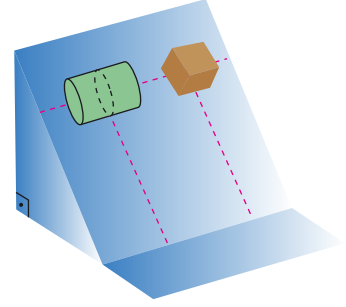
Şekil 1.30 Dönerek öteleme hareketi yapan tekerlek



Şekil 1.29 Dönme hareketi yapan topaç

Fizik 7

Sürtünmenin ihmal edildiği eğik düzlem şeklindeki bir ortamda kütleleri eşit silindir ve kutu aynı yükseklikten serbest bırakıldıklarında yatay zemine kutu, bilyeden daha önce ulaşır. Bunun sebebi her ikisinin aldıkları yollar ve aynı yükseklikteki potansiyel enerjileri eşit olmasına rağmen kutunun yatay zemine ulaştığı andaki hızı, bilyenin yatay zemine ulaştığı hızdan büyük olmasıdır (Şekil 1.31).



Şekil 1.31 Eğik düzlemde yuvarlanan ve öteleme hareketi yapan cisimler

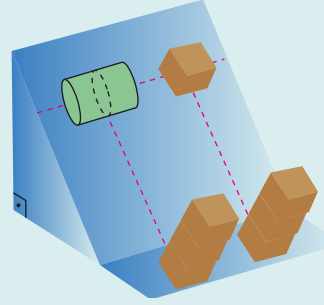
Aynı potansiyel enerjiye sahip cisimlerden, kutu bu potansiyel enerjinin tamamını öteleme kinetik enerjisine dönüştürürken silindir bir kısmını öteleme bir kısmını da dönme kinetik enerjisine dönüştürür.



9. UYGULAMA

Sürtünmelerin önemsenmediği şekildeki eğik düzlemin aynı yüksekliğinden eşit kütleli silindir ve küp şeklindeki cisimler şekildeki gibi serbest bırakılıyor.

Buna göre, bu cisimlerden hangisi yatay düzlemde duran kutulardan en çok devirir? Neden?



1.5. AÇISAL MOMENTUM VE KORUNUMU

Bisiklet üzerinde dengede kalabilmemiz için mutlaka hareket hâlinde olmamız gerekir. Bisiklet üzerinde iken hareket etmediğimizde dengemizi kaybeder düşeriz (Resim 1.14).

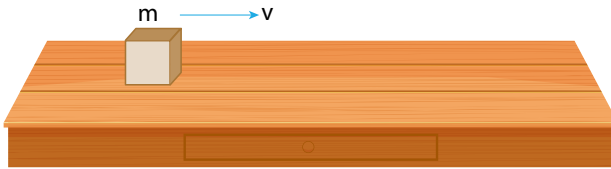


Resim 1.14. İlerleyen bisikletli

Kediler yüksek bir yerden hep dört ayağı üzerine düşer. Kedi düşerken dönerek hareket eder ve kuyruğunu ve vücudunu geriye doğru, başını ve ayaklarını da ileriye doğru geniş tutarak daima dört ayak üzerine düşer. Bunun sebebi bu bölümde öğreneceğimiz açısai momentumun korunumudur (Resim 1.15).

1.5.1 Açısai Momentum

Doğrusal bir yolda v hızıyla hareket eden m kütleli bir cismin hızından ve kütesinden dolayı kazandığı değere **çizgisel momentum** denir. Çizgisel momentum $P=m \cdot v$ bağıntısıyla bulunur (Şekil 1.32). Çizgisel momentum vektörel bir büyüklük olup cismin geometrik şekline bağlı değildir.



Şekil 1.32 Öteleme hareketi yapan cisim

Çembersel hareket yapan cisimlerin çizgisel momentumlarından başka bir de açısai momentumlarından bahsedebiliriz. Açısai momentum kavramı dönen cisimlerin dönme hareketinden kaynaklanan fiziksel bir ifadedir. Açısai momentum dönme hareketi yapan bir cismin herhangi bir andaki konum vektörü ile çizgisel momentumunun vektörel çarpımına eşittir. Kısaca açısai momentum çizgisel momentumun torku olarak da ifade edilebilir. Çekiç atma yarışmasında ipe bağlı belirli ağırlıktaki demir çekiç, hızla çevrildiğinde açısai momentum kazanır. Çekicinin kazandığı açısai momentum dönme eksenine olan uzaklığı ile çizgisel momentumun çarpımı kadardır. Bu yarışmada çekici en uzağa atan kazanır. Çekicinin en uzağa atılması için de açısai momentumunun en büyük olması gerekir (Resim 1.16).



Resim 1.15. Yüksekten düşen kedi



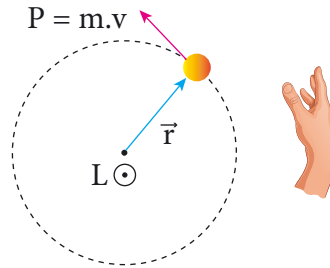
Resim 1.16 Çekiç atan sporcu

Dönen her cismin hareketini açıklamakta açısıl momentum kavramı kullanılabilir. Bu cisim büyük boyutlarda olabildiği gibi çok küçük boyutlarda da olabilir. Gezegenlerin kendi etrafındaki dönüşleri dönme açısıl momentumu, Güneş etrafındaki hareketlerini de yörüngesel açısıl momentum kavramı ile açıklayabiliriz. Ayrıca mikro düzeyde elektronların çekirdek çevresindeki hareketleri de açısıl momentum ile açıklanır.

1.5.2 Açısıl Momentum ve Çizgisel Momentum

Doğrusal bir yörüngede hareket eden bir cismin çizgisel hızından dolayı çizgisel momentumunun olduğunu belirtmiştik. Bu cismin öteleme hareketini çizgisel momentum, $P = m \cdot v$ eşitliği ile ifade edildiğini biliyoruz. Dönme hareketi için ise açısıl momentum kavramından bahsederiz. Ancak açısıl momentum, çizgisel momentumun torku diye açıklandığında bu kavramlar arasındaki ilişkiyi daha iyi kavramış oluruz. Yarıçapı r olan çembersel yörüngede v çizgisel hızıyla dolanan m kütleli bir cismin açısıl momentumunun büyüklüğü, $L = m \cdot v \cdot r$ bağıntısıyla ifade edilir. Bu bağıntıda $m \cdot v$ ifadesinin çizgisel momentum olduğunu ve P ile gösterildiğini belirtirsek bu bağıntı $L=P \cdot r$ şeklinde de açıklanabilir.

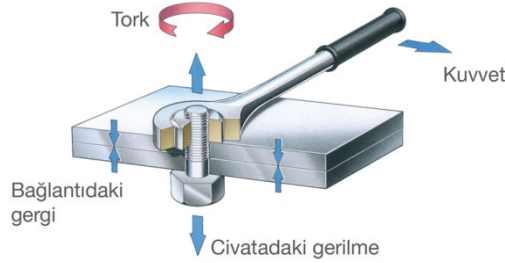
Açısıl momentum, cismin konum vektörüne ve çizgisel momentumuna bağlıdır. Açısıl momentum L ile gösterilir ve vektörel bir büyüklüktür. Yönü, çizgisel momentum vektörü (P) ile konum vektörünün (r) bulunduğu düzleme dik doğrultudadır. SI'da birimi $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ veya $\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}$ 'dir. Açısıl momentum vektörünün yönü sağ el kuralı ile bulunur. Şekildeki m kütleli parçacık için sağ elin dört parmağı, çizgisel momentumun yönünü gösterecek şekilde konulursa yana açılan başparmak açısıl momentumun yönünün sayfa düzleminden dışarıya doğru (\odot) olduğunu gösterir. (Şekil 1.33)



Şekil 1.33. Çember üzerinde dönen parçacığın çizgisel ve açısıl momentumu

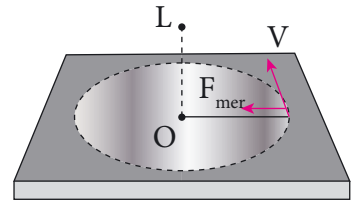
1.5.3 Açısal Momentum ve Tork

Tork, dik kuvvetin bir cisimi eksen etrafında döndürme etkisi olarak tanımlanır. Vektörel bir büyüklük olup τ ile gösterilir ve SI'da birimi N.m'dir.



Şekil 1.34 Bir noktaya etki eden kuvvetin torku ve yönü

Bir noktaya etki eden kuvvetin torku $\vec{\tau} = F \cdot d \cdot \sin\theta$ bağıntısıyla bulunabilir. F kuvvet, d dönme eksenine olan uzaklık ve θ ise d ile F arasındaki açıdır. Tork, dönme düzlemine ve kuvvete diktir ve yönü sağ el kuralı ile bulunur (Şekil 1.34). Kuvvetin dönme eksenine göre oluşturduğu tork, cismin açısal hızında değişikliğe neden olur. Açısal hızdaki değişim sonucunda açısal ivme oluşur. Çembersel harekette merkezci kuvvetin uzantısı dönme ekseninden geçtiğinden merkezci kuvvetin torku sıfırdır. Çembersel hareket eden cisim hareketini sürdürebilmesi için yörüngeye teğet bir kuvvetin etkisinde olmalıdır (Şekil 1.35).



Şekil 1.35 Dönen bir dairesel levhanın açısal momentumu

Bu kuvvet cisim üzerinde teğetsel ivmeye neden olur. Bu teğetsel ivmenin büyüklüğü,

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{\Delta \omega \cdot r}{\Delta t} = \alpha \cdot r \text{ bağıntısıyla elde edilir.}$$

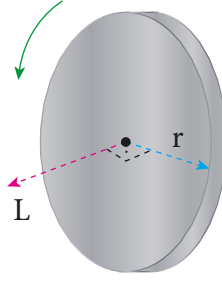
Kuvvetin O noktasında oluşturduğu tork için,

$\vec{\tau} = \vec{F} \cdot \vec{r}$ bağıntısı vardır. Bu bağıntıda F yerine Newton'un ikinci hareket yasası $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ bağıntısı konulursa eşitlik,

$$\vec{\tau} = m \cdot \vec{a} \cdot \vec{r} \text{ şeklinde olur. Burada } a \text{ yerine çizgisel ivme } \alpha \cdot r \text{ yazılırsa eşitlik,}$$

$m \cdot \alpha \cdot r^2$ şekline dönüşür. Bu denklemde $m \cdot r^2$ ifadesi noktasal bir cismin eylemsizlik momenti olduğundan eşitlik $\vec{\tau} = I \cdot \alpha$ şeklinde ifade edilir.

Bu bağıntıya göre dönen cisimlerin torku, cisimlerin eylemsizlik momentleriyle doğru orantılıdır.



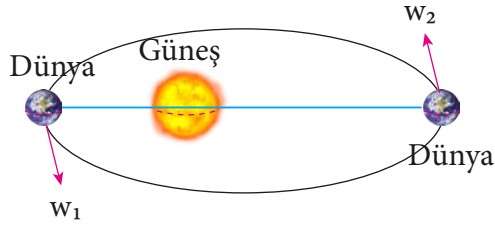
Şekil 1.36 Dönen bir dairesel levhanın açısal momentumu

Belirli bir eksen etrafında çembersel hareket yapan noktasal bir cisim için açısal momentumun büyüklüğü $\vec{L} = m \cdot \vec{v} \cdot \vec{r}$ dir. Bağlantıda, $v = \omega \cdot r$ yerine yazılırsa $\vec{L} = m \cdot \omega \cdot r^2$ bulunur. Bağlantıda yer alan $m \cdot r^2$ ifadesi noktasal bir parçacığın eylemsizlik momenti (I) olduğu için, $\vec{L} = I \cdot \omega$ bağıntısı elde edilir. Buna göre çembersel hareket yapan bir cismin açısal momentumu eylemsizlik momentine (I) ve açısal hızına (ω) bağlıdır. (Şekil 1.36)

1.6. AÇISAL MOMENTUMUN KORUNUMU

Öteleme hareketi yapan bir cismin çizgisel momentumu sıfırdan farklı dış kuvvet etki etmediği sürece korunur. Aynı şekilde dönen bir cisme dışarıdan bir tork etki etmiyorsa açısal momentumu korunur. Bu ifadeye **açısal momentumun korunumu yasası** denir. Açısal momentumun korunumu yasası, “Dönen bir cisim üzerine etki eden net tork sıfır ise bu cismin açısal momentumu sabit kalır.” şeklinde açıklanır. Bir sisteme etki eden net tork, açısal momentumun zamana göre değişimi olarak ifade edilir. Bu açıklama, $\vec{\tau} = \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{L_{\text{son}} - L_{\text{ilk}}}{\Delta t}$ bağıntısıyla belirtilir. Buradan $\Delta L=0$ ise $L_{\text{son}} = L_{\text{ilk}}$ eşitliği elde edilir. Açısal momentum $L = I \cdot \omega$ olduğundan, $I_1 \cdot \omega_1 = I_2 \cdot \omega_2$ sonucuna ulaşılır. “ I ” eylemsizlik momenti, “ ω ” açısal hız olduğuna göre bu eşitlikten dönen cisimlerin parçaları yer değiştirdiğinde açısal momentumları değişmez sonucuna ulaşabiliriz. Dışarıdan bir tork etki etmeden dönme hareketi yapan bir cismin açısal hızı artarsa eylemsizlik momenti yani yarıçapı küçülür.

Dünya'nın Güneş etrafındaki dönme hareketi sırasında da açısal momentum korunur. Dünya Güneşe yaklaştığında yarıçapı küçülür açısal hızı artar. Aynı şekilde açısal hızının azaldığı yerlerde de yarıçapı artar. Böylece açısal momentumu korunur (Şekil 1.37).



Şekil 1.37 Dünya'nın Güneş etrafındaki yörüngesi ve hızı

Buz pateni yapan sporcu dışarıdan bir tork etki etmediği hâlde kolları açık dönerken kollarını kapattığında dönme hızı artar. Bu olay da açısal momentumun korunduğuna iyi bir örnektir (Resim 1.17).



Resim 1.17 Buz pateni yapan sporcu

Akrobatlar, yaptıkları akrobasi hareketlerinde açısal momentumun korunumundan yararlanırlar. Düşey yukarı hareketlerinde dizlerini karınlarına doğru çekerek yarı çaplarını küçülterek açısal hızlarını artırırırlar.(Resim 1.18)



Resim 1.18 Akrobatların yaptıkları akrobasi hareketi

Fizik 7

Açısal momentumun korunumu bisiklet hareket hâlindeyken bisikletin dengede kalmasını sağlayan bir durumdur. Pedal çevrilmese bile bisiklet hareket hâlindeyken dengede kalınabilir ancak bisiklet dururken dengede kalmak için pedalın döndürülmesi gerekir (Resim 1.19).



Resim 1.19 Bisiklet sürerken açısal momentumun korunumu



10. UYGULAMA

Bir adam sabit bir eksen etrafında dönebilen platform üzerinde şekildeki gibi durmaktadır.



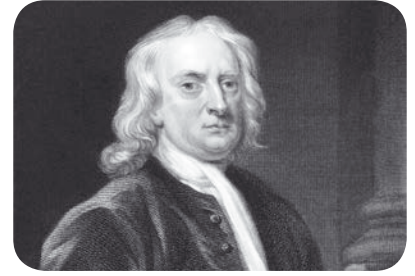
Adam saatin tersi yönünde şekildeki gibi çembersel yörünge boyunca ω açısal hızıyla hareket ederse platformun açısal momentumu ve dönme yönü ile ilgili açıklamalarınızı yazınız.

1.7. KÜTLE ÇEKİM KUVVETİ

İnsanlar ilk çağlardan bu yana gök cisimlerinin hareketlerini hep merak etmişlerdir. Gök cisimlerinin hareketi günümüzde de bilim insanlarının araştırma konusu olarak devam etmektedir. Antik Yunan çağlarında insanlar, evrenin merkezinde Dünya'nın bulunduğunu diğer gezegenlerin, Güneş ve Ay'ın Dünya'nın çevresinde döndüğünü düşünüyorlardı. Daha sonraki dönemlerde Nicolaus Copernicus (Nikolas Kopernik) Güneş'in merkezde olduğunu ve gezegenlerin Güneş çevresinde dolandığını açıklayan "Güneş Merkezli Evren Modelini" öne sürdü (Resim 1.20). Kopernik gezegenlerin Güneş çevresinde nasıl dolandığını açıklamakta yetersiz kaldı. Daha sonra Isaac Newton (Aysek Nivton) Ay'ın Dünya çevresinde ve gezegenlerin Güneş çevresinde bir çekim kuvvetinin etkisiyle dolandığını açıklayan "Kütle Çekim Yasasını" öne sürdü (Resim 1.21).



Resim 1.20 Nicolaus Copernicus



Resim 1.21 Isaac Newton

1.7.1. Kütle Çekim Kuvveti Nedir?

Newton yaptığı çalışmalarda Ay'ın yörüngesinin doğrusal değil çembere yakın olduğunu ve bunun sebebinin Ay ile Dünya arasındaki çekim kuvvetinden kaynaklandığını açıkladı (Resim 1.22).



Resim 1.22 Dünya ve çevresinde dolanan Ay

Daha sonra Newton yaptığı çalışmalarla bu çekim kuvvetinin evrendeki bütün cisimler arasında olduğunu açıkladı. Bu kuvvet, bazı ülkelerin haberleşme, askerî ve ulaşım alanları için uzaya gönderdikleri uydular için de geçerli midir? Ayrıca bu kuvvetin büyüklüğü nelere bağlıdır?

Fizik 7

Bu soruların cevabını Newton, **Kütle Çekim Yasası** ile açıklamıştır. Newton çalışmalarında yere düşen cisimlerin ivmeli hareketlerinden dolayı üzerine bir kuvvet etki etmesi gerektiğini keşfetmiş, bu kuvveti **Kütle Çekim Kuvveti** olarak adlandırmıştır.

Newton, Dünya yüzeyindeki bütün cisimlere kütle çekim kuvvetini uygulayanın Dünya'nın kendisi olduğunu belirledi. Buna göre yeryüzündeki her cisim kütle çekim kuvvetini hisseder. Cismin Dünya yüzeyinde nerede olduğuna bakılmaksızın bu kuvvetin yönü yerin merkezine doğrudur (Şekil 1.38).



Şekil 1.38 Dünya üzerinde bulunan cisimlere çekim kuvveti uygular.

Bununla birlikte Newton, Dünya yüzeyinde bulunan cisimlere Dünya'nın çekim kuvveti uyguladığı gibi Ay'ı Dünya'nın yörüngesinde tutan kuvvetin yerçekimi kuvveti olduğunu açıklasa da bu düşünce o zamanlar pek kabul görmedi.

Newton, Dünya'nın Ay'a uyguladığı çekim kuvvetiyle yeryüzündeki cisimlere uyguladığı çekim kuvvetinin büyüklüğünü karşılaştırdı. Newton yaptığı çalışmalar sonucunda cisimler Yer'den uzaklaştıkça çekim kuvvetinin büyüklüğünün uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak azaldığı sonucuna ulaştı (Şekil 1.39).



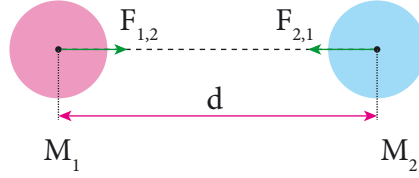
Şekil 1.39 Dünya ve Ay üzerindeki kütle çekim kuvveti

Ayrıca iki cisim arasındaki bu kuvvetin cisimlerin kütleleri çarpımıyla doğru orantılı olduğunu açıkladı. Buna göre Dünya ile Ay arasındaki çekim kuvvetinin büyüklüğü,

$$F \propto \frac{M_D \cdot M_A}{d^2} \text{ şeklinde ifade edilir.}$$

Newton Dünya ve Ay arasındaki bu kuvveti daha genişleterek evrendeki tüm cisimler için olduğunu belirterek **Evrensel Çekim Yasası**'nı belirledi. Buna göre “ Evrendeki her cisim birbirini kütlelerinin çarpımıyla doğru, kütle merkezleri arasındaki uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak çekerler.” Bu kuvvet şekil 1.40'daki gösterilir ve büyüklüğü de,

$$\vec{F} = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{d^2} \text{ şeklinde ifade edilir.}$$



Şekil 1.40 Aralarında d kadar uzaklık bulunan iki cismin birbirine uyguladığı kütle çekim kuvvetinin şiddeti birbirine eşit, yönü ise zıttır.

Bu bağıntıda G evrendeki tüm cisimler için geçerli olan genel çekim sabiti olarak bilinir ve bu değer $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ 'dir.

Kütle çekim kuvveti, kütlesi olan tüm cisimler için geçerlidir. Masa üzerinde duran iki eşya arasında kütle çekim kuvveti vardır ancak bu kuvvet bir etki oluşturamayacak kadar küçük değerdedir. Kütle çekim etkisi uzayda bulunan gök cisimleri arasında daha belirgindir. Dünya ile Ay arasındaki kütle çekim kuvvetini kuzey kutbuna yakın yerlerde suların yükselmesi ve alçalması (gelgit) olayı ile daha belirgin açıklayabiliriz. (Resim 1.23)



Resim 1.23 Gelgit olayının yaşandığı bir bölge

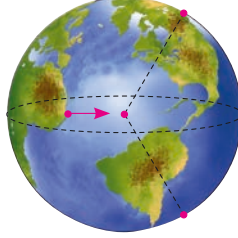
Gezegenler kütle çekim kuvvetinin etkisiyle belirli yörüngelerde dolanırlar. Yörüngede dolanan gezegene etki eden kütle çekim kuvvetinin yönü yörünge merkezine doğrudur. Kütle çekim kuvvetinin gezegen üzerinde bir tork oluşturmaması gezegenin açısal momentumunun korunduğunu da açıklar. Aynı şekilde Dünya'dan fırlatılan yapay uyduların Dünya çevresinde dolanım hareketi de kütle çekim kuvvetinin etkisindedir. (Resim 1.24)



Resim 1.24 Türksat 4B uydusu

1.8. KÜTLE ÇEKİM İVMESİ

Kütlesi olan her cisim çekim alanı oluşturur. Dünya’da oluşturduğu bu çekim alanıyla, yüzeyinde ve çevresinde bulunan cisimlere kütle çekim kuvveti uygular. Bu kuvvete **yer çekimi kuvveti** denir ve yönü de yerin merkezine doğrudur. (Şekil 1.41)



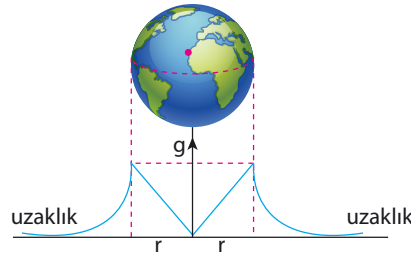
Şekil 1.41 Yerçekimi kuvvetinin yönü

Yerden belirli bir yükseklikten bırakılan bir cisim yere doğru ivmelenerak düşer. Dünya'nın yer çekimi kuvvetiyle oluşturduğu bu ivmeye, **yer çekimi ivmesi** denir. Yer çekimi ivmesi “g” ile gösterilir, vektörel bir büyüklüktür. SI’da birimi N/kg veya m/s^2 ’dir. Newton’un II.Hareket Yasası’na göre cisim üzerine etki eden net kuvvet $F_{net} = m_C \cdot a$ ve çekim kuvveti de $F_{çekim} = G \cdot \frac{m_D \cdot m_C}{d^2}$ bağıntısıyla açıklanır. Bu iki bağıntı eşitlendiğinde yer çekimi ivmesinin nelere bağlı olduğu bulunabilir.

$$m_C \cdot a = G \cdot \frac{m_D \cdot m_C}{d^2}$$

$$a = G \cdot \frac{m_D}{d^2} \text{ veya } g = G \cdot \frac{m_D}{d^2} \text{ bağıntısı elde edilir.}$$

Bu bağıntıda m_D Dünya'nın kütlesi, d ise Dünya'nın ortalama yarıçapı olduğuna göre, yer çekimi ivmesi; Dünya'nın kütlesi ile doğru, yarıçapının karesi ile ters orantılıdır. Bu bağıntıya göre, “Dünya yüzeyinden uzaklaştıkça yerin çekim ivmesi azalır.” sonucunu çıkarabiliriz. Evren’de bulunan tüm gök cisimlerinin yüzeyindeki çekim ivmeleri farklıdır. Bu ivme yukarıdaki bağıntı ile hesaplanabilir. Çekim ivmesi Dünya'nın yüzeyinden merkeze doğru yaklaştıkça yer yarıçapı ile doğru orantılı olarak azalır. Yerin merkezinde ise sıfır olur. Dünya kutuplardan basık olduğu için kutuplardaki çekim ivmesi, Ekvator’daki çekim ivmesinden büyüktür. Ekvator’dan kutuplara doğru gidildikçe çekim ivmesinin değeri artar. Yer çekimi ivmesinin büyüklüğü yaklaşık olarak $g = 9,81 \text{ N/kg}$ olarak kabul edilmiştir. Dünya’yı küre biçiminde kabul ettiğimizde, merkezinden yüzeye kadar ve yüzeyden uzaklaştıkça uzaklığa bağlı değişimi Şekil 1.42’de gösterilmiştir.

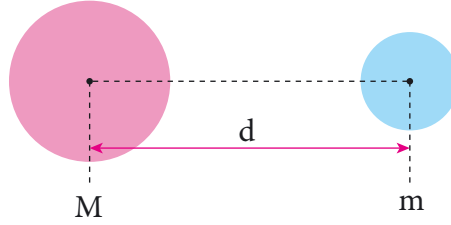


Şekil 1.42 Çekim ivmesinin Dünya'nın merkezine olan uzaklığına bağlı grafiği

Grafiğe göre çekim alan şiddetinin en yoğun olduğu yer Dünya'nın yüzeyidir. Bunun için kuvvet çizgileri bu bölgede daha sık, Dünya yüzeyinden uzaklaştıkça alan şiddetinin büyüklüğü azaldığından kuvvet çizgileri daha seyrek çizilir.

1.9. KÜTLE ÇEKİM POTANSİYEL ENERJİSİ

Cisimler bir arada bulunurken birbirlerine çekim kuvveti uygular. Cisimler birbirine uyguladıkları bu çekim kuvvetiyle potansiyel enerjiye sahiptirler. Bu enerjiye **kütle çekim potansiyel enerjisi** denir. Kütlesi m olan bir cismi, M kütleli gezegenin merkezinden d kadar uzaktan sonsuza götürmek için kütle çekim kuvvetine karşı iş yapılır. Çekim kuvvetine karşı yapılan bu iş, cisim üzerindeki potansiyel enerji değişimi kadardır (şekil 1.43).



Şekil 1.43 Kütleler sistemi

Şekildeki m kütleli cismi bu noktadan sonsuza götürmek için yapılan iş, cismin bu noktadaki potansiyel enerjisinin negatif değerine eşittir.

$\Delta E_p = - E_{p_d} = w_d = \left(G \cdot \frac{M \cdot m}{d^2} \right) \cdot d = G \cdot \frac{M \cdot m}{d}$ eşitliği elde edilir. Kütle çekim potansiyel enerjisi,

$$E_p = - G \cdot \frac{M \cdot m}{d} \text{ bağıntısıyla ifade edilir.}$$

Buna göre cisimler buldukları gezegenin yüzeyinden uzaklaştıkça çekim potansiyel enerjileri artar.

Bir cismi bulunduğu gezegenin çekim alanından kurtarmak için ona kütle çekim potansiyel enerjisi kadar kinetik enerji kazandırmak gerekir. Uzay mekiğinin Dünya'nın çekim alanından çıkabilmesi için ona en az kütle çekim potansiyel enerjisi kadar kinetik enerji verilmelidir. Bu enerji **kurtulma enerjisi** olarak tanımlanır.

Kurtulma enerjisi, $\frac{1}{2} m \cdot v^2 = G \cdot \frac{M_D \cdot m_C}{d}$ bağıntısıyla hesaplanır. Kurtulma enerjisi cismin Dünya'nın merkezine olan uzaklığı ile ters orantılıdır. Bundan dolayı uzaya gönderilecek uzay araçlarını fırlatacak fırlatma rampaları Dünya'nın merkezine en uzak olan Ekvatora yakın yerlere kurulur (Resim 1.25).



Resim 1.25 Uzay mekiği ve Dünya

Uzaya fırlatılan uzay araçlarının Dünya yörüngesinden kurtulabilmesi için de bir enerjiye sahip olması gerekir. Yeryüzünden belirli bir uzakta bulunan cisimler yer çekiminin etkisinde kalabilmesi için yere bir enerji ile bağlanmalıdır. Yörüngede dolanan cisimlerin de yörüngede kalabilmesi ve yere düşmemesi için belirli bir enerjilerinin olması gerekir.

Buna göre, gezegenin yörüngesinde dolanan bir cismi gezegenin çekim etkisinden kurtarmak için cisme verilmesi gereken en küçük enerjiye de **bağlanma enerjisi** denir. Bunun için yeryüzünden fırlatılan uyduların Dünya etrafında dolanabilmesi için sahip olması gereken enerji, bu noktadaki kütle çekim potansiyel enerjinin yarısına eşit olmalıdır.

$$E_{\text{toplam}} = E_K + E_p = 0 = -G \cdot \frac{M_D \cdot m_U}{2d}$$

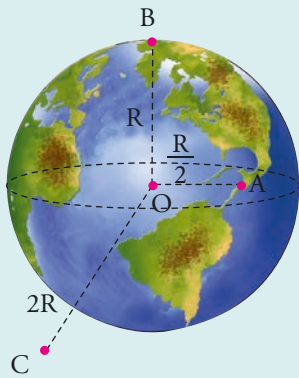
$$BE = +G \cdot \frac{M_D \cdot m_U}{2d}$$

Kurtulma enerjisi Dünya yüzeyinden ayrılabilmesi için gerekli enerji iken bağlanma enerjisi gezegenin yörüngesinden kurtulabilmesi için gerekli enerjidir. Kurtulma enerjisinde olduğu gibi yörüngedeki cismin toplam enerjisini sıfır yapan enerji değeri **bağlanma enerjisi**dir.



10. UYGULAMA

Dünya'nın içinde bir A noktası, Dünya yüzeyinde B noktası ve Dünya'dan uzakta C noktası şekilde belirtilmiştir.



Buna göre, bu noktalarda bulunan eşit kütleli cisimlerin ağırlıkları arasındaki ilişkiyi açıklayınız.

1.10 KEPLER KANUNLARI

Gökyüzü insanların her zaman ilgisini çekmiştir. Çağlardan bu yana bilim insanları gökyüzü hakkında araştırma yapmışlardır. 15.yüzyılın başlarında yaşamış olan ünlü astronomi bilim insanı Uluğ Bey (Resim 1.26) kendi yaptırdığı rasathanede gezegenlerin, Ay'ın ve Güneş'in hareketlerini incelemiştir. Yaptığı çalışmalarla günümüz astronomi bilimine dahi ışık tutan eserler yazmıştır.



Resim 1.26 Ünlü Türk Astronomi Bilim İnsanı Uluğ Bey

Astronomi alanındaki çalışmalarda Güneş sisteminin durumu ve Dünya'nın Güneş etrafındaki hareketleri önemli bir yer tutmaktadır. Bilim tarihinin ilk zamanlarında Dünya'nın evrenin merkezinde olduğunu söyledikleri "Yer Merkezli Evren Modeli" kabul edilmişti ancak daha sonra Coopernicus (Kopernik) gezegenlerin ve Dünya'nın Güneş çevresinde dolandıklarını açıkladı.

1600'lü yıllarda Danimarkalı astronomi bilim insanı Tycho Brahe (Tayko Brah) Dünya'nın Güneş etrafındaki dolanım süratinin sabit olmadığını açıkladı. Brah'ın asistanı olan Johannes Kepler (Yohannes Kepler) hocası öldükten sonra çalışmalarını devam ettirdi.(Resim 1.27)



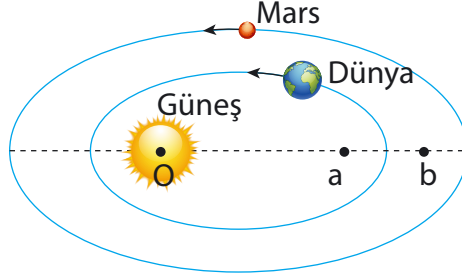
Resim 1.27 Johannes Kepler

Kepler, hocasının çalışmalarını da kullanarak gezegenlerin Güneş etrafındaki yörüngelerinin çember şeklinde değil elips şeklinde olduğunu açıkladı. Daha sonra Kepler, iki prensip daha açıklayarak bu açıklamaları "Gezegen Hareketinin Üç Yasası" adı altında New Astronomy adlı kitabında yayımladı.

Fizik 7

1. Yörüngeler Kanunu

Gezegenler odaklarının birinde Güneş bulunan elips şeklindeki yörüngelerde dolanırlar.

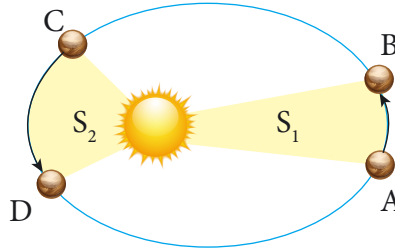


Şekil 1.44 Dünya ve Mars'ın Güneş çevresindeki yörüngeleri

Şekil 1.44'de Mars ve Dünya'nın çizdiği yörüngeler gösterilmiştir. a ve O noktaları Dünya'nın b ve O noktaları Mars'ın yörüngesinin odak noktalarıdır. Bu yörüngelerin ortak noktası olan O noktasında Güneş bulunur. Buna göre Güneş sistemindeki her gezegenin çizdiği yörüngenin merkezi O noktasıdır.

2. Alanlar Kanunu

Gezegeni Güneş'e birleştiren doğru parçası eşit zaman aralıklarında eşit alanlar tarar. Gezegenin A noktasından B noktasına ve C noktasından D noktasına eşit sürede gelebilmesi için Güneş'e yaklaştıkça hızı artmalıdır.(Şekil 1.45)



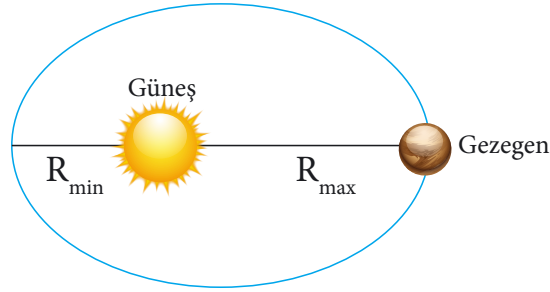
Şekil 1.45 Gezegenin eşit zaman aralıklarında yaptığı hareket

Gezegen Güneş'ten uzaklaştıkça hızı azalacaktır. Bunun sonucunda gezegen, eşit sürelerde eşit alanlar tarayacaktır ($S_1 = S_2$).

3. Periyotlar Kanunu

Gezegenin Güneş'e en yakın olduğu mesafe R_{\min} , en uzak olduğu mesafe ise R_{\max} denir. Güneş etrafında dolanan gezegenin Güneş'e olan ortalama uzaklığına da ortalama yarıçap R_{ort} denir.

Ortalama yarıçap $R_{\text{ort}} = \frac{R_{\min} + R_{\max}}{2}$ bağıntısıyla bulunur (Şekil 1.46).



Şekil 1.46 Gezegenin Güneş'e uzaklığı

Gezegenlerin Güneş etrafındaki ortalama yarıçapının küpü (R_{ort}) ile dolanım periyodunun (T) karesi oranı daima sabittir. Bu oran,

$$\frac{R^3}{T^2}$$

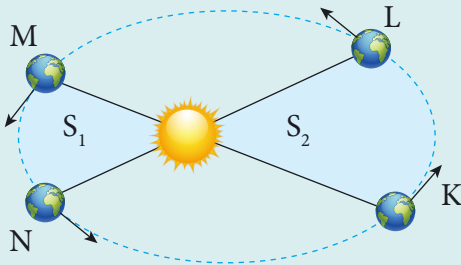
şeklinde ifade edilir ve bu sabit değer $3,4 \cdot 10^8$ 'e eşittir. Bu oran gezegenin kütesinden bağımsız olduğundan Dünya'dan fırlatılan yapay uydular için de geçerlidir.

Kepler Kanunları, gezegenlerin yörüngeleri ile ilgili daha önce bilinenleri çürütmüştür çünkü bu yasalara göre gezegenlerin yörüngeleri çembersel olsaydı dolanım hızları da sabit olacaktı. Halbuki gezegen, Güneş'e yaklaştıkça hızı artar uzaklaştıkça azalır. Kepler, açıkladığı bu kanunlarla kendisinden sonraki dönemlerde yaşayan Galileo ve Newton'un çalışmalarına öncülük etmiştir.



11. UYGULAMA

Dünya'nın Güneş etrafındaki dolanımı şekildeki gibi modellenmiştir. Dünya bu hareketinde K noktasından L'ye ve M noktasından N'ye eşit sürelerde geliyor.



Buna göre, Dünya ile Güneş arasındaki yarıçap vektörünün taradığı alanları S_1 ve S_2 arasındaki ilişki nedir?

ÖZET

1. BÖLÜM : ÇEMBERSEL HAREKET

Çembersel bir yörünge üzerinde sabit kuvvetin etkisiyle eşit zaman aralıklarında eşit miktarda yol alan cismin yaptığı harekete düzgün çembersel hareket denir. Çembersel hareket eden bir hareketlinin yörüngesi boyunca bir tam dolanımı için geçen süreye “Periyot” denir. Periyot T ile gösterilir ve birimi saniyedir. Düzgün çembersel hareket eden bir cismin saniyedeki dolanım sayısı, cismin hareketinin frekansı olarak tanımlanır. Frekans f ile gösterilir ve birimi s^{-1} veya Herz’dir. Düzgün çembersel hareket eden bir cismin çember yayı üzerinde birim zamanda gittiği yay uzunluğuna çizgisel hız denir. Çizgisel hız, cismin hareketi boyunca yörüngeye teğettir. Düzgün çembersel harekette, cismin hareketi boyunca çizgisel hızın büyüklüğü değişmezken yönü her zaman değişir. Çizgisel hız v ile gösterilir, vektörel bir büyüklüktür. SI’daki birimi metre/saniye’dir. Çembersel hareket eden bir cismin, yörüngesinin merkezinden o anda bulunduğu konuma doğru çizilen vektöre yarıçap vektörü denir. Yarıçap vektörü r ile gösterilir, yönü her zaman merkezden cisme doğrudur. Buna göre, düzgün çembersel hareket eden bir cismin yarıçap vektörünün birim zamanda taradığı açıya açısal hız denir. Açısal hız yarıçapa bağlı değildir. Vektörel büyüklüktür ve SI’daki birimi radyan/saniye (rad/s)’dir. Açısal hız (ω) sembolü ile gösterilir ve yönü sağ el kuralı ile bulunur. Düzgün çembersel harekette cismin hız vektörü her an değiştiğinden ivmesi vardır. Hız değişiminin yönü çembersel yörüngenin merkezine doğru olduğundan merkezci ivme denir.

Çembersel yörüngede hareket eden cismin, hız değişiminden dolayı cisme etki eden kuvvette merkezci kuvvet denir. Merkezci kuvvet $F_{mer.} = m.v^2.r$ bağıntısı ile hesaplanır. Merkezci kuvvet ile merkezci ivmenin yönü daima merkeze doğru ve yörüngeye diktir. Buna göre, düzgün çembersel hareket eden cisim üzerine etki eden kuvvet ortadan kalktığı anda cisim çembersel hareketini sürdüremez. Yatay düzlemde çembersel hareket yapan bir cisme, yatay düzlemde sadece merkezci kuvvet etki eder. Cismin ağırlığının ipi geren kuvvete etkisi yoktur. Düşey düzlemde düzgün çembersel hareket eden bir cisme düşey üst ve alt konumlarda merkezci kuvvet ile ağırlığı da etki eder. Yatay konumlarda ise sadece merkezci kuvvet etki eder. Doğrusal yolda ilerlemekte olan araç yatay viraja girdiğinde merkezci kuvvetin etkisinde kalır. Merkezci kuvvetin büyüklüğü aracın tekerlekleri ile yer arasındaki sürtünme kuvvetinin büyüklüğünden küçük veya eşit olması durumunda araç virajı emniyetli bir şekilde döner. Yağışlı havalarda sürtünme azalır. Bu durumda araçların güvenli bir şekilde virajı geçmeleri için yollara eğim verilir.

2.BÖLÜM : DÖNEREK ÖTELEME HAREKETİ

Yuvarlanan cisimler için sadece kütle merkezinin yere göre öteleme hızı vardır. Diğer noktalarının ise yere göre hem dönme hem de öteleme hızı vardır.

Eylemsizlik momenti, cismin kütlelerinin dönme hareketindeki değişikliğe direnç göstermesinin bir ölçüsüdür. Eylemsizlik momenti I sembolü ile gösterilir ve SI’ da birimi $kg.m^2$ dir. Kütle m olan dönen bir cismin dönme eksenine uzaklığı r olan bir noktasının eylemsizlik momenti, $I = m.r^2$ bağıntısıyla bulunur. Bu bağıntıya göre dönen bir cismin eylemsizlik momenti,

- Cismin kütlelerine(m)
- Cismi oluşturan her parçacığın dönme eksenine olan dik uzaklığına(r)

- Cismin geometrik şekline bağlıdır.

Dönerek öteleme (yuvarlanma) hareketi yapan bir cismin, öteleme hareketinden dolayı öteleme kinetik enerjisi ve dönme hareketinden dolayı da dönme kinetik enerjisi bulunur. Cismin sahip olduğu toplam kinetik enerji,

$$E_{\text{kinetik}} = E_{\text{dönme}} + E_{\text{öteleme}}$$

$$E_{\text{kinetik}} = \frac{1}{2} I \cdot \omega^2 + \frac{1}{2} m \cdot v^2 \text{ bağıntısıyla bulunur.}$$

3.BÖLÜM : AÇISAL MOMENTUM VE KORUNUMU

Açısal momentum kavramı dönen cisimlerin dönme hareketinden kaynaklanan fiziksel bir ifadedir. Açısal momentum dönme hareketi yapan bir cismin herhangi bir andaki konum vektörü ile çizgisel momentumunun vektörel çarpımına eşittir. Kısaca açısal momentum çizgisel momentumun torku olarak da ifade edilebilir. Yarıçapı r olan çembersel yörüngede v çizgisel hızıyla dolanan m kütleli bir cismin açısal momentumunun büyüklüğü, $L=m.v.r$ bağıntısıyla ifade edilir. Yönü, çizgisel momentum vektörü (P) ile konum vektörünün (r) bulunduğu düzleme dik doğrultudadır. SI'da birimi $\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$ veya $\text{N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}$ 'dir. Açısal momentum vektörünün yönü sağ el kuralı ile bulunur. Dönen bir cisme dışarıdan bir tork etki etmiyorsa açısal momentumu korunur. Bu ifadeye açısal momentumun korunumu yasası denir. Açısal momentumun korunumunu yasası, "Dönen bir cisim üzerine etki eden net tork sıfır ise bu cismin açısal momentumu sabit kalır." şeklinde açıklanır.

4.BÖLÜM : KÜTLE ÇEKİM KUVVETİ

Evrendeki her cisim birbirini kütlelerinin çarpımıyla doğru, kütle merkezleri arasındaki uzaklığın karesi ile ters orantılı olarak çekerler. Buna Evrensel Çekim Yasası denir. Bu kuvvetin büyüklüğü de, $F = G \cdot \frac{M_1 \cdot M_2}{d^2}$ şeklinde ifade edilir. Cisimlerin birbirine uyguladıkları çekim kuvveti etkisiyle potansiyel enerjiye sahip olurlar. Bir cismi bulunduğu gezegenin çekim alanından kurtarmak için ona kütle çekim potansiyel enerjisi kadar kinetik enerji kazandırmak gerekir. Bu enerji kurtulma enerjisi olarak tanımlanır.

5.BÖLÜM : KEPLER KANUNLARI

Kepler gezegenlerin Güneş etrafındaki hareketlerini üç yasa ile açıklamıştır.

1. Yörüngeler Yasası: Gezegenler odaklarının birinde Güneş bulunan elips şeklindeki yörüngelerde dolanırlar.

2. Alanlar Yasası: Gezegeni Güneş'e birleştiren doğru parçası eşit zaman aralıklarında eşit alanlar tarar.

3. Periyotlar Yasası: Gezegenlerin Güneş etrafındaki ortalama yarıçapının küpü ile dolanım periyodunun karesi oranı daima sabittir.

1. ÜNİTE

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

1. Aşağıdaki cümlelerin sonundaki boşluklara cümle doğru ise (D), yanlış ise (Y) ile yazınız.

- I. Virajda savrulan araç merkezkaç kuvvetinin etkisinde kalmıştır.(...)
- II. Merkezci kuvvetin yönü hareket süresince dönme merkezine doğrudur.(...)
- III. Çembersel harekette açısal hız yarıçap vektörüne bağlı değildir. (...)

Buna göre, cümlelerin sonuna işaretleme yapıldığında aşağıdaki sonuçlardan hangisi doğru olur?

A)

D
D
D

B)

D
Y
D

C)

Y
Y
D

D)

Y
D
D

2. Yarıçapı 50 cm olan çembersel yörüngede dolanan bir cisim 2 dakikada 120 tur atmaktadır.

Buna göre, cismin çizgisel sürati kaç m/s'dir?($\pi=3$ alınacak)

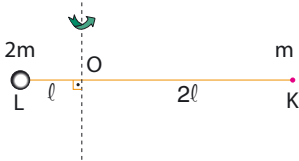
A) $\frac{1}{2}$

B) 2

C) 3

D) 6

3. Kütleleri sırasıyla m ve $2m$ olan K ve L cisimleri ağırlığı önemsiz 3ℓ uzunluğundaki metal çubuğun uçlarına şekildeki gibi bağlanmıştır.



Sistem O noktasından geçen düşey eksen çevresinde yatay düzlemde döndürülüyor.

Çubuk yatay düzlemde dönerken herhangi bir anda,

- I. K 'nin çizgisel sürati L'nin çizgisel süratinden büyüktür.
- II. K ve L'ye etki eden merkezci kuvvetlerin büyüklükleri eşittir.
- III. K ve L'nin frekansları birbirine eşittir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

A) I ve II

B) II ve III

C) I ve III

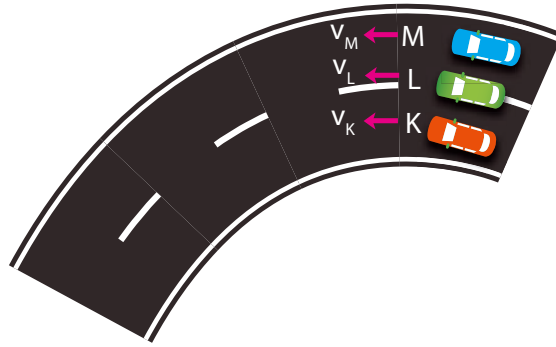
D) I, II ve III

4. Ahsen, 1,6 m uzunluğundaki ağırlığı önemsiz ipin ucuna 2 kg'lık bir taşı bağlayıp yatay düzlemde sabit 4 m/s süratle düzgün çembersel hareket yaptırıyor.

Buna göre, taş dönerken Ahsen'in elindeki ipi geren kuvvet kaç N'dir?

- A) 5 B) 10 C) 20 D) 40

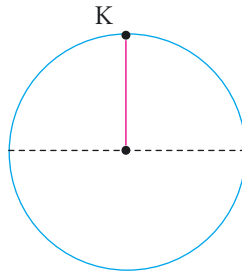
5. K, L ve M yarış arabaları yatay çembersel yola şekildeki gibi aynı anda girip, düzgün çembersel hareketlerini tamamlayarak aynı anda çıkıyorlar.



Buna göre, çembersel yol boyunca arabaların çizgisel hızları v_K, v_L ve v_M arasındaki ilişki aşağıdakilerden hangisinde doğru verilmiştir?

- A) $v_K = v_L = v_M$ B) $v_M > v_L > v_K$ C) $v_M > v_K > v_L$ D) $v_L > v_K > v_M$

6. Esnek olmayan, yeterince sağlam bir ipe sıkıca bağlanmış bilye, şekildeki gibi direnç kuvvetlerinin ihmal edildiği ortamda sabit yatay bir eksen etrafında düşey düzgün çembersel hareket yaptırılıyor. Bilyenin yörünge- nin en üst noktası olan K noktasından herhangi bir geçişi sırasında bilyeye etki eden merkezci kuvvetin F, merkezci ivmesinin a, çizgisel hızının v ve yarıçap vektörünün r olduğu biliniyor.

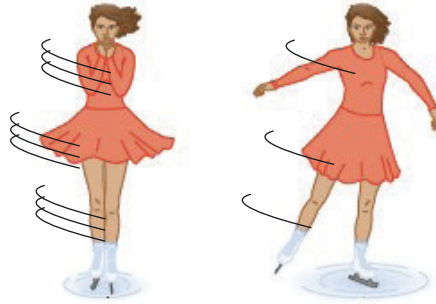


Buna göre, F, a, v ve r vektörünün yönü aşağıdakilerden hangisi gibi olabilir?

- A) B) C) D)

Fizik 7

7. Buz üzerinde paten yapan bir sporcu şekil I'deki gibi kolları kapalı dönerken, şekil II'deki gibi kollarını bir anda yana açarak dönüyor.



Şekil I

Şekil II

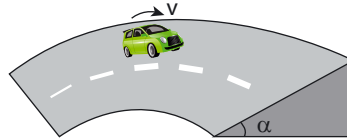
Bu durumun sonucunda sporcu ile ilgili,

- I. Açısal hızı azalır.
- II. Eylemsizlik momenti artar.
- III. Açısal momenti değişmez.

yorumlarından hangileri doğru olur? (Ortam sürtünmeleri ihmal ediliyor.)

- A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III D) I, II ve III

8. Eğim açısı α olan eğimli, sürtünmesi ihmal edilen şekildeki viraja kütlesi m olan bir araç v sürati ile girdiğinde virajı güvenli bir şekilde dönebilmektedir.



Araç aynı süratini artırarak girdiğinde yine güvenli bir şekilde virajı dönebilmesi için,

- I. Virajın eğim açısı artırılmalıdır.
- II. Araç virajı daha içten almalıdır.
- III. Aracın kütlesi azaltılmalıdır.

işlemlerinden hangileri yapılmalıdır?

- A) Yalnız I B) I ve II C) I ve III D) I, II ve III

9. Yarı çapı 100 m olan yatay sürtünmeli bir virajın sürtünme katsayısı 0,1'dir.

Buna göre, aracın bu virajı savrulmadan dönebilmesi için sürati en az kaç m/s olmalıdır? ($g=10 \text{ m/s}^2$)

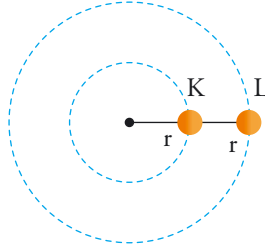
A) 10

B) 20

C) 50

D) 100

10. K, L katı cisimleri, esnemeyen ipin ucuna r ve $2r$ uzunluğunda şekildeki gibi bağlanarak sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlemde düzgün çembersel hareket edecek şekilde ve eşit sürelerde döndürülüyor.



Sadece verilen bilgilerden yararlanarak,

- I. Açısal süratleri
- II. Cisimlere etki eden merkezci kuvvetleri
- III. Çizgisel süratleri

niceliklerinden hangileri bulunabilir?

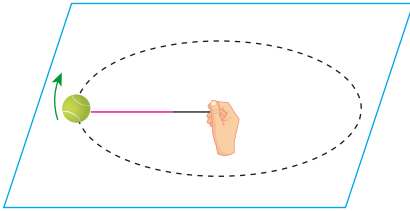
A) Yanız I

B) I ve III

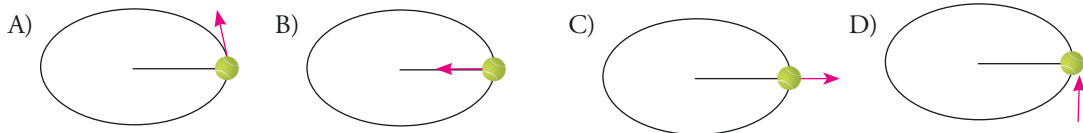
C) II ve III

D) I, II ve III

11. Ahsen, bir topu esnemeyen ipe bağlayarak başının üstünde şekildeki gibi yatay düzlemde sabit süratle döndürüyor.

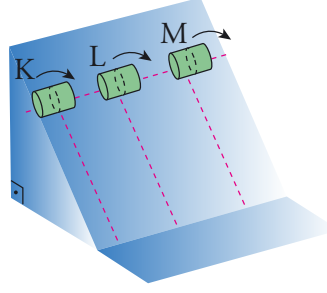


Buna göre, herhangi bir anda topa etki eden merkezci kuvvetin gösterimi aşağıdakilerden hangisinde doğru çizilmiştir?



Fizik 7

12. Özdeş K,L, M varillerinden K varili içi boş, L varili yarı ve M varili ise tamamen su ile doludur.

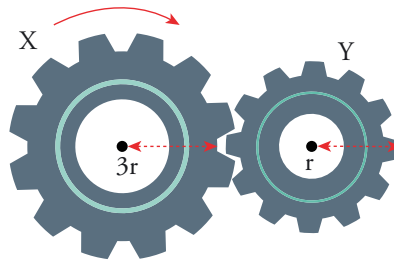


Bu variller şekildeki eğik düzlemin aynı yüksekliğinden serbest bırakıldıklarında, eğik düzlemin alt ucuna kaymadan dönerek iniyorlar.

Varillerin buradaki kinetik enerjileri E_K , E_L ve E_M olduğuna göre, bu enerjiler arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

- A) $E_K > E_L > E_M$ B) $E_M > E_L > E_K$ C) $E_K = E_L = E_M$ D) $E_M = E_L > E_K$

13. Eşit kütleli X ve Y dişlilerinden X dişlisi şekildeki gibi ok yönünde döndürülmektedir.



Buna göre, X ve Y dişlileri için aşağıdakilerden hangisi yanlıştır?

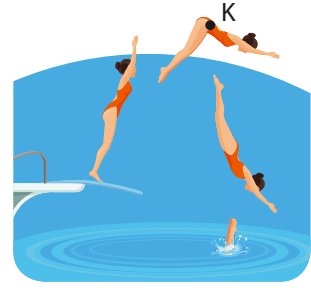
- A) Açısal momentumları eşit büyüklüktedir.
B) Eylemsizlik momentleri farklıdır.
C) Açısal hızları eşit büyüklüktedir.
D) Açısal momentumlarının yönü zıttır.

14. Bir yüzücü trampleden şekildeki gibi dönerek havuza atılıyor.

Yüzücünün bu hareketi boyunca,

- I. Açıl momentumu korunur.
- II. Açıl hızının büyüklüğü K noktasında artar.
- III. Yüzücüye etki eden net tork sıfırdır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?



- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve III D) I, II ve III

15. Bir gezegenin kütle çekim kuvvetinden kurtulabilmesi için gerekli hız,

$$v_{\text{kaçış}}^2 = \frac{M_{\text{gezegen}}}{r_{\text{gezegen}}}$$

bağıntısıyla hesaplanır.

Güneş sistemindeki bazı gezegenlere ait kütle-yarıçap yaklaşık değerleri tabloda verilmiştir.

	Merkür	Venüs	Dünya	Mars
Kütle (*10 ²³ kg)	3,2	48,6	59,7	6,4
Yarıçap(*10 ⁶ m)	2,4	6,0	6,5	3,2

Buna göre, tabloda verilen gezegenlerin hangisinin çekim kuvvetinden kurtulmak diğerlerine göre daha zordur?

- A) Merkür B) Venüs C) Dünya D) Mars

16. Su değirmenleri, akarsuyun akış yönüne kurulur ve çark sisteminden oluşur. Suyun aktığı yükseklik çarkın dönme süratini etkiler. Çarklarda bulunan su bölmelerine su dolduğunda çark süratle döner.

Şekildeki su değirmeninde çarkın daha süratli çalışması isteniyor. Bunun için,

- I. Su bölmesine akan su kütlesini artırmalı
- II. Çarkın yarıçapını büyütmeli
- III. Suyu çark bölmesine daha yüksekten akıtmalı

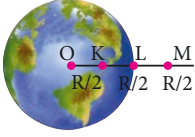
işlemlerinden hangileri yapılmalıdır?



- A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III D) I, II ve III

Fizik 7

17.



Yerküre, şekildeki gibi yaklaşık olarak yarıçapı R , kütle merkezi O ve öz kütlesi sabit küresel kabul edilebilir.

Şekildeki K , L , M noktalarında yerçekimi ivmesinin büyüklükleri sırasıyla g_K , g_L ve g_M olduğuna göre, bunlar arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

A) $g_K = g_L = g_M$

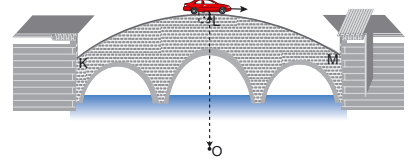
B) $g_L > g_M > g_K$

$g_K = g_M > g_L$

D) $g_K > g_M > g_L$

18. Bir otomobil şekildeki eğrisel yörüngeli köprüyü sabit süratle geçiyor.

Yol boyunca otomobilin tekerleklerine etki eden tepki kuvvetinin büyüklüğü K-L ve L-M arasında nasıl değişir?



K -L arasında

L - M arasında

A) artar

azalır

B) azalır

artar

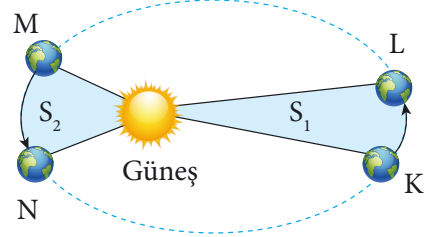
C) değişmez

değişmez

D) artar

artar

19. Dünya, Güneş'in çevresinde elips yörüngede şekildeki gibi dolanmaktadır. Dünya bu dolanımı sırasında K'den L'ye ve M'den N'ye eşit sürelerde geldiği bilinmektedir.



Sadece verilen bilgilerden yararlanılarak,

I. S_1 alanı S_2 alanına eşittir.

II. K-L arasındaki ortalama çizgisel sürati, M-N arasındakinden büyüktür.

III. K-L arasındaki açısal momentumun büyüklüğü, M-N arasındakine eşittir.

çıkarımlarından hangilerine ulaşılabilir?

A) Yalnız I

B) I ve II

C) II ve III

D) I, II ve III

20. Dünya'nın Güneş etrafında yaklaşık 1 yılda dolandığı biliniyor.

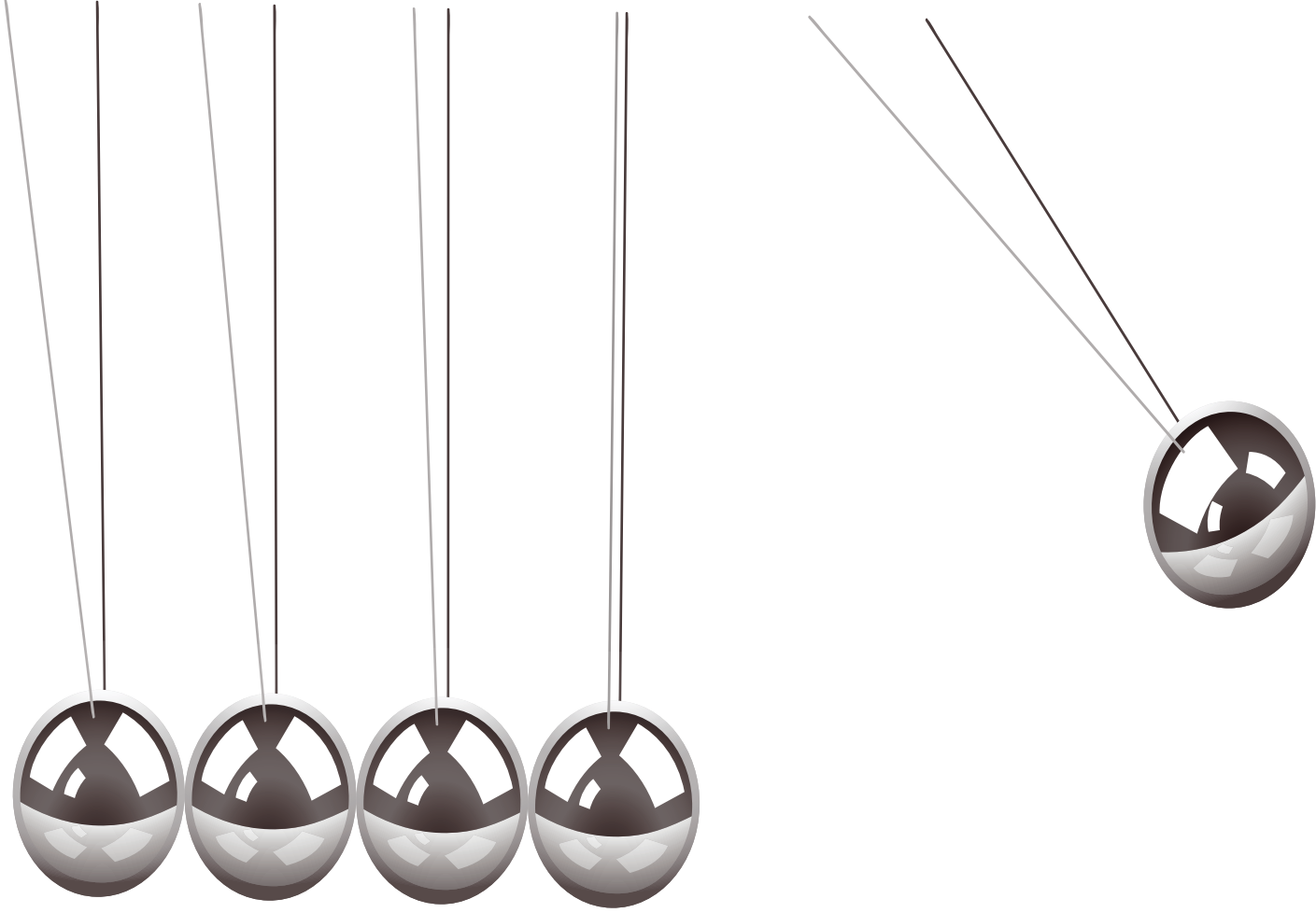
Merkür'ün Güneş'e uzaklığı Dünya'nın Güneş'e uzaklığının yaklaşık $\frac{1}{4}$ 'ü kadar olduğuna göre, Merkür'ün Güneş etrafındaki dolanım periyodu kaç yıldır?

A) $\frac{1}{8}$

B) $\frac{1}{4}$

C) $\frac{1}{2}$

D) 8



2. ÜNİTE

BASİT HARMONİK HAREKET



ÜNİTE KONULARI

- ▶ BASİT HARMONİK HAREKET
- ▶ ÇEMBERSEL HAREKET VE BASİT HARMONİK HAREKET
- ▶ BASİT HARMONİK HAREKETTE KUVVET, HIZ VE İVMENİN KONUMA GÖRE DEĞİŞİMİ
- ▶ BASİT HARMONİK HAREKETTE KONUMUN ZAMANA GÖRE DEĞİŞİMİ
- ▶ BASİT HARMONİK HAREKETTE PERİYOT

2. ÜNİTE



NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

Bu üniteyi tamamladığınızda;

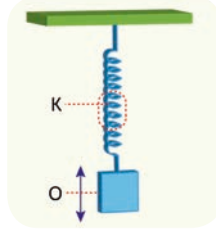
1. Günlük yaşamda titreşim yapan cisimlerin neler olduğunu,
2. Çembersel hareketten yararlanarak basit harmonik hareketi,
3. Basit harmonik harekette kuvvet, hız ve ivmenin konuma göre değişimini
4. Yay sarkacı ve basit sarkaçta periyodun nelere bağlı olduğunu öğreneceksiniz.

ANAHTAR KELİMELELER

- Uzanım
- Genlik
- Geri çağırıcı kuvvet
- Denge noktası
- Yay sarkacı
- Basit sarkaç

2.1. BASİT HARMONİK HAREKET

Çevremizde gördüğümüz varlıklar sürekli veya bazen ileri-geri, sağa-sola doğru tekrarlanan hareket ederler. Yay ucuna bir cisim bağlanır ve yayı gerekir şekilde kuvvet uygulanıp bırakılırsa yay, aşağı-yukarı doğru tekrarlanan hareket eder.(Şekil 2.1)



Şekil 2.1 Yay ucuna asılı cismin hareketi

Salıncakta sallanan çocuğun hareketi (Resim 2.1) ve sarkaçlı saatin sarkacının hareketi (Resim 2.2) gibi hareketler salınım hareketi yaparlar. Bu hareketlerin hepsinin ortak yönü sürekli tekrarlanan hareket olmasıdır. Sürekli tekrarlanan bu hareket çeşidine **periyodik hareket** denir. Salınım hareketi veya titreşim hareketi de periyodik hareketlerdir.

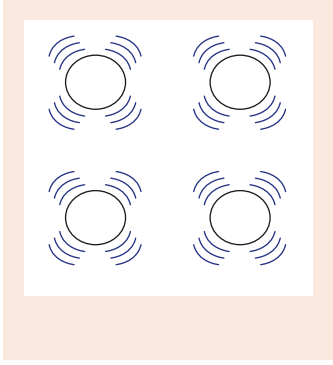


Resim 2.1 Salıncakta sallanan çocuk



Resim 2.2 Sarkaçlı saat

Titreşim hareketi, bir cismin denge konumu etrafında yaptığı kısa süreli salınım hareketidir. Küçük boyutlarda maddeyi oluşturan tanecikler titreşim hareketi yapar (Şekil 2.2). Ayrıca büyük boyutlarda ise dalgalı denizlerde iskeleye bağlı olan kayığın hareketi de titreşim hareketidir (Resim 2.3).



Şekil 2.2 Maddeyi oluşturan taneciklerin titreşim hareketi



Resim 2.3 Dalgalı denizdeki kayığın titreşim hareketi

Periyodik hareket olan harmonik hareket, basit ve karmaşık olarak iki çeşittir. Sürtünmeli ortamlarda gerçekleşen harmonik hareketler **sönümlü**, sürtünmenin ihmal edildiği ortamlarda gerçekleşirse **sönümsüz harmonik hareket** olarak adlandırılır.

Periyodik hareket eden cisim eylemsizliğini korumak için denge konumuna geri dönmek ister. Denge konumundan ayrılan cismi tekrar denge konumuna getirmeye çalışan bu kuvvete **geri çağırıcı kuvvet** denir. Sürtünmenin ihmal edildiği bir ortamda geri çağırıcı kuvvetin etkisi ile sönümsüz yapılan bu titreşim hareketine de **basit harmonik hareket** denir. Yay ucuna bir cisim bağlanır ve denge konumundan uzaklaşacak şekilde çekilip bırakılırsa basit harmonik hareket yapar. Titreşim hareketi yapan çevremizdeki cisimlerin denge konumundan ayrılma miktarı çok büyük olmadıkça basit harmonik hareket yaptığı söylenebilir.

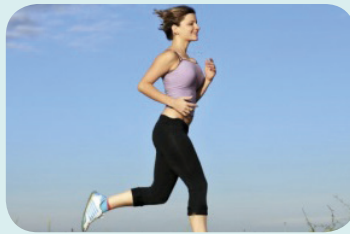


1. UYGULAMA

Resimde verilen hareketlerden, basit harmonik harekete örnek olanların altındaki kutucuğu işaretleyiniz.



Bugee Jumping yapan sporcunun hareketi



Koşucunun hareketi



Gitar telinin hareketi



Salıncakta sallanan çocuğun hareketi



Saatin sarkacının hareketi

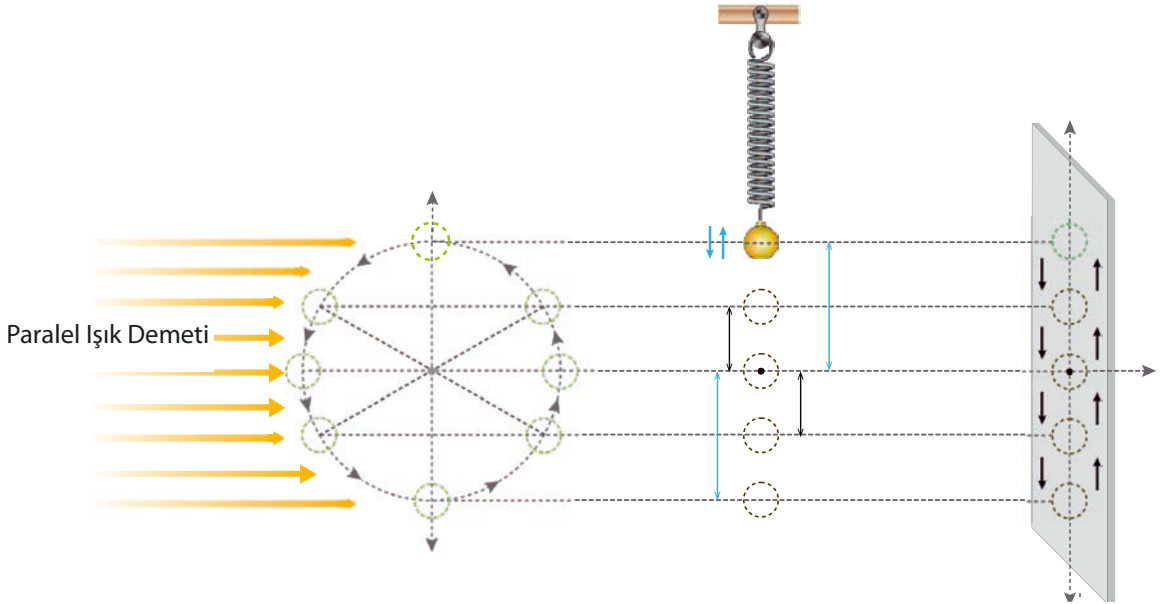


Havada uçan uçağın hareketi

2.2 ÇEMBERSEL HAREKET VE BASİT HARMONİK HAREKET

Düşey düzlemde ya da yatay düzlemde çembersel hareket eden bir cismin yarıçap vektörünün iz düşümü de basit harmonik hareket yapar.

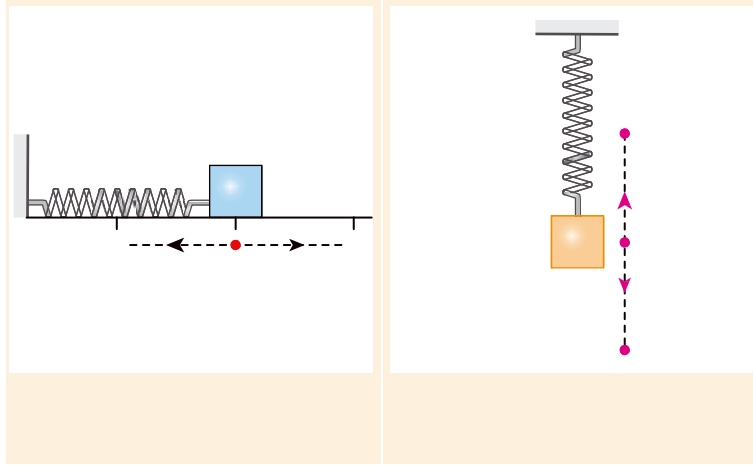
Şekil 2.3'de yay ucuna asılı bir cisim ile düşey düzlemde aynı periyotla çembersel hareket eden cismin hareketini inceleyelim. Şekilde r yarıçaplı çembersel bir yörüngede sabit süratle dolanan cisim ile denge konumundan r kadar sıkıştırılan yay ucundaki cismin hareketi görülmektedir. Sistem yan taraftan paralel ışıklarla aydınlatılıyor. Düzgün çembersel hareket yapan cisim, yörüngesinin tepe noktasına geldiğinde yay sistemi serbest bırakılıyor. Yaya bağlı cisim ile düzgün çembersel hareket yapan cismin denge konumundan aynı anda geçtikleri düşünülürse cisimlerin hareketleri sırasında perde üzerinde oluşan gölgeleri şekildedeki gibi çakışık olur. Buna göre gölgenin hareketi, AB noktaları arasında bir basit harmonik harekettir. Buradan, basit harmonik hareket yapan bir cisim ile aynı periyotta düzgün çembersel hareket eden bir cismin iz düşümünün de basit harmonik hareket olduğu sonucuna ulaşılır.



Şekil 2.3. Basit harmonik hareketin düzgün çembersel hareketle ilişkisi

a) Yay Sarkacı

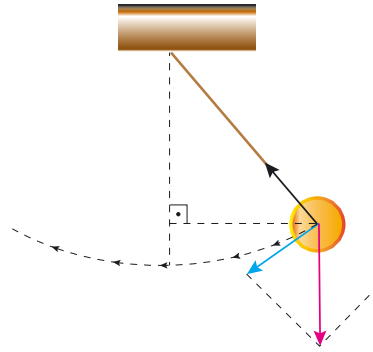
Esnek sarmal bir yay ucuna bağlanan cisimden oluşan sistemdir. Sürtünmeler ihmal edildikten sonra yay sarkacının yatay veya düşeyde harmonik hareket etmesinin farklı bir etkisi yoktur. Yay ucuna bağlı cisim denge konumundan bir miktar çekilip serbest bırakıldığında denge konumuna eşit uzaklıktaki iki nokta arasında basit harmonik hareket yapar(Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Yatay ve düşeyde yay sarkacı

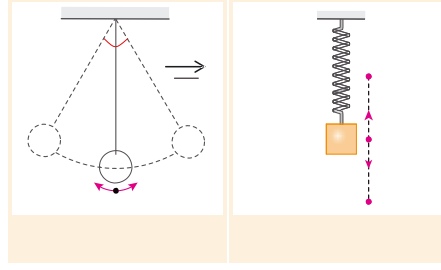
b) Basit Sarkaç

Ucundaki ağırlığın etkisiyle denge noktası etrafında salınım hareketi yapan sisteme **sarkaç** denir. Salınım açısı 10° ve daha küçük değerlerde harmonik hareket yapan sarkaç sistemine de **basit sarkaç** denir. Ağırlığı ihmal edilen ℓ uzunluğundaki ipin ucuna bir cisim bağlanarak düşey eksenden bir miktar uzaklaştırılıp bırakıldığında sistem basit harmonik hareket yapar (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 Basit sarkaç

Titreşim hareketi yapan yay sarkacı veya basit sarkacın hareketsiz durumdaki konumuna **denge konumu** denir (Şekil 2.6). Salıncağa bindiğimizde sallanmaya başlamadan önce düşey konumda olduğumuz konum denge konumudur. Yay ucuna bir taş bağlayıp kuvvet uygulamadan düşey konuma getirdiğimiz durumda denge konumudur.

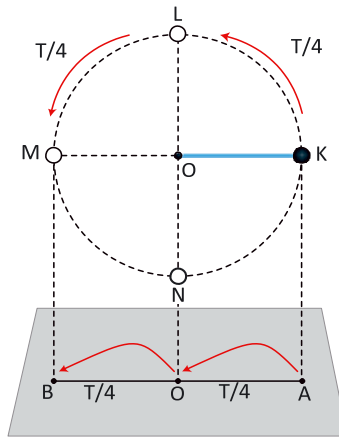


Şekil 2.6 Basit sarkaç ve yaylı sarkacın denge konumu

Periyodik hareket yapan cisim eylemsizliğini korumak istediğinden denge konumundan uzaklaştırıldığında tekrar denge konumuna geri dönmek ister. Denge konumundan ayrılan bu cisme, denge konumuna doğru bir kuvvet etki eder. Cismi denge konumuna geri döndürmeye çalışan bu kuvvete **geri çağırıcı kuvvet** denir. Geri çağırıcı kuvvetin etkisinde cisim denge konumu etrafında periyodik hareketini devam ettirir. Salıncakta sallanmak isteyen arkadaşımızı denge konumundan uzaklaştırdığımızda salınacağı tekrar denge konumuna getirmek isteyen kuvvet geri çağırıcı kuvvettir. Salınacağı denge konumundan ne kadar fazla uzaklaştırsak geri çağırıcı kuvvetin büyüklüğü de aynı oranda artar.

c) Basit Harmonik Harekette Periyot, Frekans, Uzanım ve Genlik

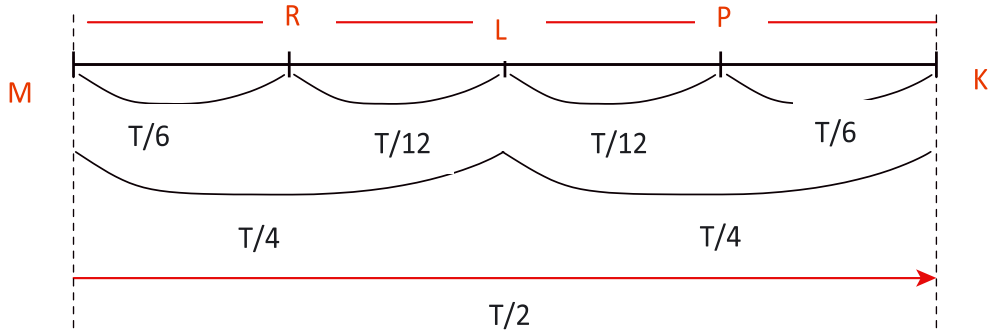
Çembersel hareket yapan cismin bir tam tur yapması için geçen süreye periyot demiştik. Aynı durum basit harmonik hareket için de söylenebilir ancak titreşim hareketinde cisim, bir titreşim süresinde aynı noktadan iki defa geçer. Basit harmonik hareket yapan cisim denge konumundan ayrılıp serbest bırakıldığında tekrar denge noktasına gelir. İkinci defa denge noktasına geldiğinde bir tam titreşim veya salınım hareketi yapmış olur. Buna göre, basit harmonik harekette bir tam titreşim için geçen süreye **periyot** denir, T sembolü ile gösterilir ve birimi SI'da saniyedir. Basit harmonik hareket yapan cismin bir saniyedeki titreşim sayısına da **frekans** denir. Frekans f sembolü ile gösterilir ve birimi s^{-1} veya Herz'dir. Periyot ile frekans arasında $T = \frac{1}{f}$ bağıntısı olduğunu çembersel hareketten biliyoruz. Buna göre, periyot ile frekans basit harmonik harekette ve çembersel harekette kullanılan ortak kavramlardır.



Şekil 2.7 Düzgün çembersel hareket yapan cismin hareketinin iz düşümü

Düsey düzlemde düzgün çembersel hareket yapan bir cisim K noktasından L noktasına, L noktasından da M noktasına $T/4$ sürede gelir. Aynı sürede cismin iz düşümü de A noktasından O noktasına, O noktasından da B noktasına $T/4$ sürede gelir. Hareketin devamında cisim, M'den N'ye N'den de K'ye eşit sürelerde ulaşırken iz düşümü de B'den O'ya ve O'dan da A'ya aynı sürede ulaşır (Şekil 2.7).

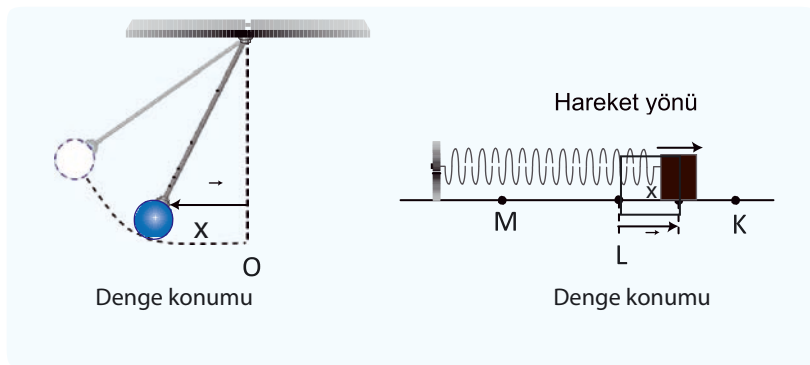
Basit harmonik hareket yapan cismin yörüngesi dört eşit parçaya ayrılarak incelen-
diğinde her bir parçayı kat etme süresi periyot cinsinden Şekil 2.8'de verilmiştir.



Şekil 2.8 K - M noktalarında basit harmonik hareket

ç) Uzanım ve Genlik

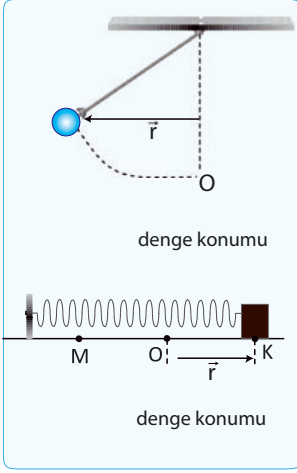
Basit harmonik hareket yapan bir cismin, herhangi bir anda denge konumuna olan uzaklığına uzanım denir. Uzanım "x" sembolü ile gösterilir, vektörel bir büyüklüktür ve birimi SI'da metredir. Yay sarkacı ve basit sarkaçtaki uzanım Şekil 2.9'daki gibidir.



Şekil 2.9 Basit sarkaç ve yay sarkacında uzanım

Fizik 7

Basit harmonik hareket yapan cismin denge konumuna olan uzaklığının yani uzanımının en büyük olduğu K ve M noktalarının denge konumuna olan uzaklığına **genlik** denir. Genlik “ r ” sembolü ile gösterilir, vektörel bir büyüklüktür ve birimi SI’da metredir. Genliğin yay sarkacı ve basit sarkaçtaki gösterimi Şeki 2.10’daki gibidir.



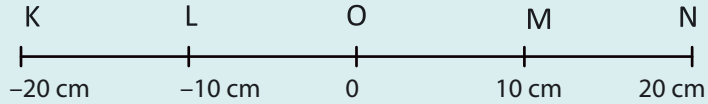
Dünyamızın kuzey bölgelerinde gel git olayı yaşanır. Gel git olayında deniz suyu çekim kuvvetinin etkisiyle yükselir ve alçalır. Deniz suyu seviyesinin önceki durumdan en yüksek ve en düşük olduğu noktalar arası mesafe bu gel git olayının genliğidir.

Şekil 2.10 Basit sarkaç ve yay sarkacında genlik



2. UYGULAMA

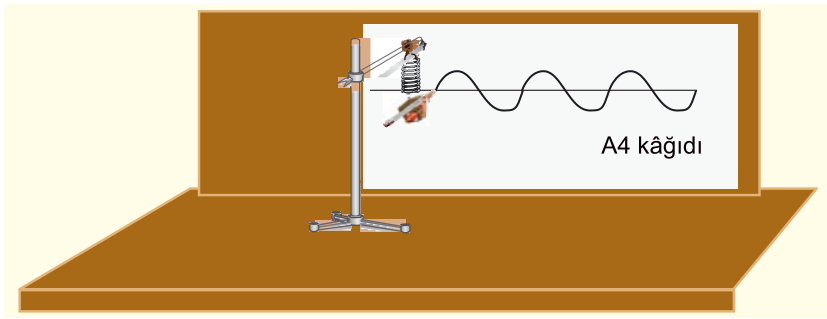
Eşit bölmelere ayrılmış K ve N noktaları arasında basit harmonik hareket yapan bir cismin periyodu 24 s’dir.



Buna göre, basit harmonik hareket yapan cismin genliğini ve O noktasından ilk kez geçtikten 10 s sonraki uzanımını bulunuz.

2.3 BASİT HARMONİK HAREKETTE KONUMUN ZAMANA GÖRE DEĞİŞİMİ

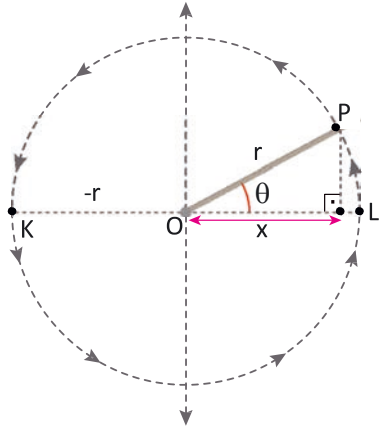
Düz bir yörüngede sabit süratle hareket eden cismin konumunun zamana göre değişimi doğrusaldır. Yay ucuna bağlanmış bir cisim düşey düzlemde basit harmonik hareket yaptığında ise konumunun zamana göre değişimini şekil 2.11'deki gibi bir uygulamayla çizebiliriz. Bunun için esnek yay ucuna kalem bağlayıp düşey düzlemde harmonik hareket yaptırdığımızda kalem, uç kısmında bulunan ve sabit süratle çekilen kâğıt üzerine sinüs eğrisi şeklinde bir iz bırakır.



Şekil 2.11 Yay ucundaki cismin basit harmonik hareket konumu

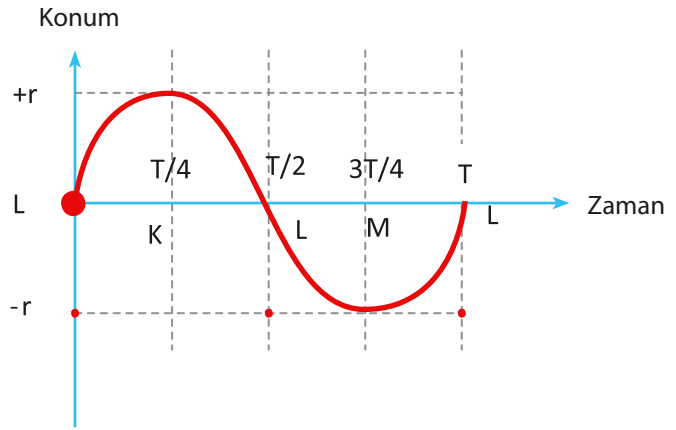
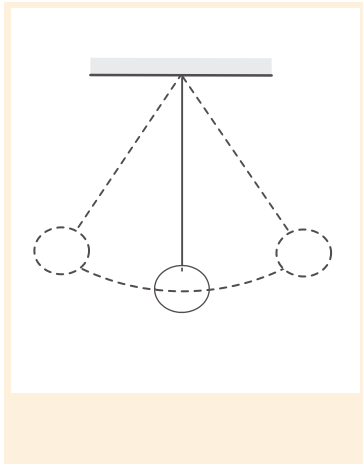
Çembersel yörüngede hareket yapan bir cismin yarıçap vektörünün iz düşümü basit harmonik hareket yapar. Şekil 2.12'deki gibi düzgün çembersel hareket yapan cismin yarıçap vektörü $-r$ ile $+r$ noktaları arasında basit harmonik hareket yapar. Cisim L noktasına geldiğinde yarıçap vektörünün iz düşümü P noktasındadır. P noktasının O noktasına uzaklığı bu harmonik hareketin uzanımına eşittir. Bu çembersel yörüngede POL üçgeninden $\cos\theta = x/r$ bağıntısı elde edilir. Cismin R noktasındaki uzanımı için $x=r \cdot \cos\theta$ bağıntısı bulunur. Çembersel harekette konum vektörünün t sürede taradığı açı, açısal sürat olarak belirtilir ve bu da $\omega = \theta/t'$ dir. Buna göre çembersel hareketin yataydaki iz düşümü için uzanım $x=r \cdot \cos\omega t$, düşeydeki iz düşümü için uzanım $y=r \cdot \sin\omega t$ bağıntıları elde edilir.

Fizik 7



Buna göre basit harmonik hareket yapan cisimlerin konumunun zamana göre değişimi bir sinüs fonksiyonu şeklinde oluşur. Şekil 2.11’de basit harmonik hareket yapan cisimlerin konumunun zamanla sinüs eğrisi çizdiğini görebiliriz. Bu açıklamalara göre cismin harmonik hareketinin konum-zaman grafiği Şekil 2.13’deki gibi çizilebilir.

Şekil 2.12 Düzgün çembersel hareket yapan cismin düşey izdüşümü



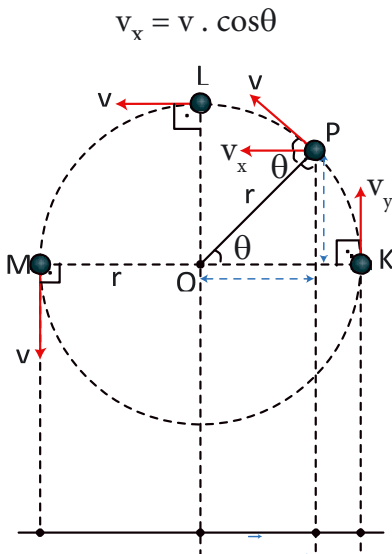
Şekil 2.13 Basit harmonik hareket yapan cismin KLM arasındaki hareketi ve konum zaman grafiği

2.4 BASİT HARMONİK HAREKETTE KUVVET, HIZ ve İVMENİN KONUMA GÖRE DEĞİŞİMİ

Denge konumundan uzaklaştırılan sarkaç ya da yay sistemi geri çağırıcı kuvvetin etkisiyle basit harmonik hareket yapar. Cisme hareketi boyunca etki eden net kuvvet değişikçe cismin ivmesi ve hızı da değişir. Basit harmonik hareket yapan bir cismin hız, ivme ve kuvvet niceliklerinin konuma göre değişimini inceleyelim:

Hızın Konuma Göre Değişimi

Şekil 2.14'teki cisim r yarıçaplı yörüngede düzgün çembersel hareket yapmaktadır. Cisim K noktasından P noktasına geldiğinde, P noktasında cismin sahip olduğu v hızının yatay bileşeninin büyüklüğü, cismin P noktasındaki hızının yatay iz düşümüne eşittir.



Şekil 2.14 Düzgün çembersel hareket yapan cismin hız vektörü

Cismin P noktasındaki çizgisel hızının büyüklüğü açısal hız cinsinden

$v = \omega \cdot r$ ve $\theta = \omega \cdot t$ değerleri yerine yazılırsa eşitlik;

$v_x = \omega \cdot r \cdot \cos(\omega \cdot t)$ şekline dönüşür.

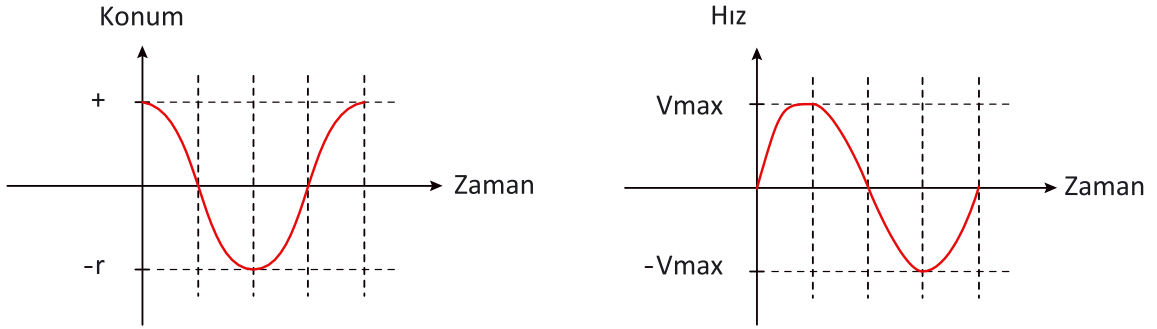
KOP üçgeninde

$\cos\theta = \frac{y}{r} = \frac{\sqrt{r^2 - x^2}}{r}$ değerleri eşitlikte yerine yazılırsa

$$v_x = \omega \cdot r \cdot \frac{\sqrt{r^2 - x^2}}{r}$$

$v_x = \omega \cdot \sqrt{r^2 - x^2}$ eşitliği elde edilir. Bu eşitlik ω açısal hızıyla r genlikli basit harmonik hareket yapan bir cismin herhangi bir x uzanımındaki hızının büyüklüğünü belirler. Cisim denge konumundan geçerken hızı en büyük değerdedir. Bu durumda $\cos\theta = 1$ değerini alır ve eşitlik $v_{\max} = \omega \cdot r$ şekline dönüşür.

Bu bağıntılara göre basit harmonik hareket yapan bir cismin hızı, uzanımın en büyük olduğu konumda sıfır, denge konumundan geçerken en büyük değerdedir. Bu ifadeden yararlanarak “Basit harmonik harekette cismin hareketinin uzanımı arttıkça hızının büyüklüğü azalır.” açıklamasını yapabiliriz. Basit harmonik hareket yapan cismin uzanımının zamana göre değişimi sinüs eğrisi şeklindedir. Aynı hareketin hız büyüklüğünün zamana göre değişimi de sinüs eğrisi şeklindedir ancak uzanımın en büyük değerinde hızın büyüklüğünün sıfır olduğunu şekil 2.15’te karşılaştırarak görebiliriz.

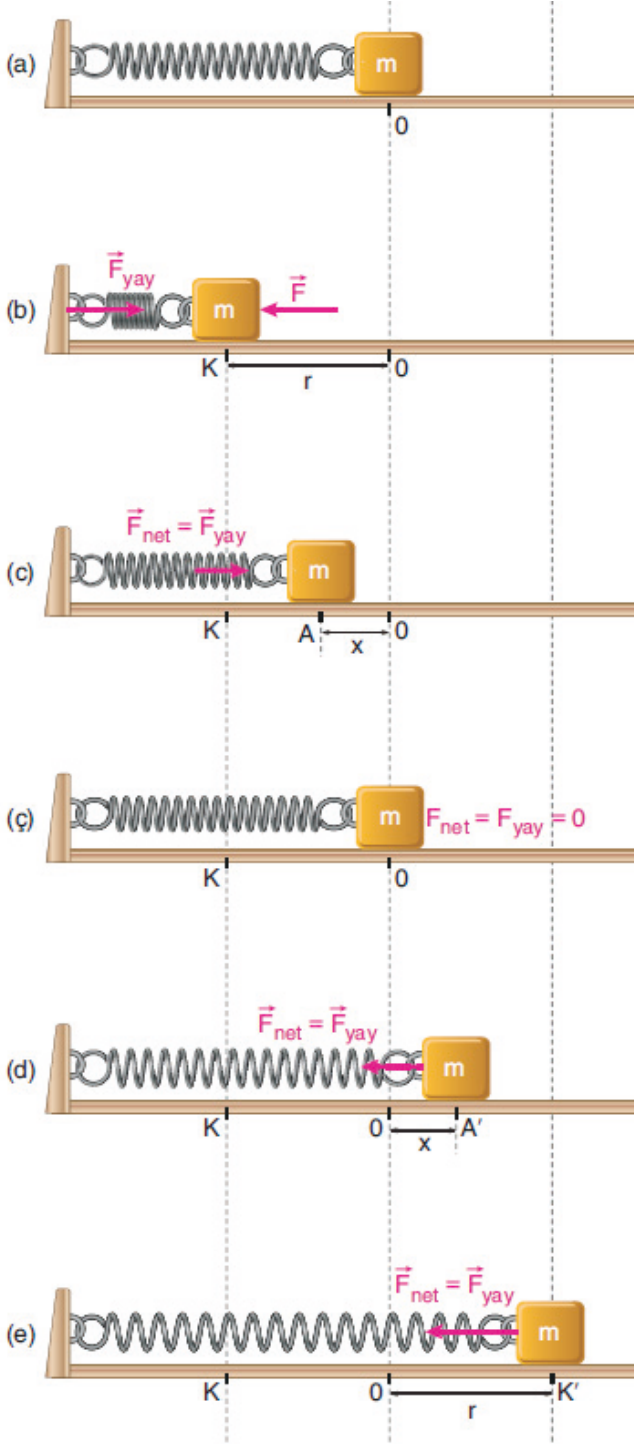


Şekil 2.15 Basit harmonik hareketin konum - zaman ve hız - zaman grafikleri

Kuvvetin Konuma Göre Değişimi

Düzgün çembersel harekette merkezci kuvvetin izdüşümü hareket boyunca sürekli değişir. Yay ucuna bağlanan cismin basit harmonik hareket yapmasını sağlayan bu etkiye de geri çağırıcı kuvvet denir. Geri çağırıcı kuvvetin büyüklüğü, cisim denge konumunda iken sıfır genlik noktalarında ise en büyük değere ulaşır. Cismin hareketi boyunca net kuvvetin değişmesi cismin ivmesinin de değişmesini gerektirir.

Sürtünmesi ihmal edilen yatay düzlemde denge konumundan F kuvveti ile itilip bırakılan cismin basit harmonik hareketi cisme etki eden geri çağırıcı kuvvetin değişimi Şekil 2.16’te verilmektedir. Şimdi bu cisme etki eden kuvvetin değişimini inceleyelim.



Şekil 2.16 Yatay düzlemde basit harmonik hareket yapan cisme etki eden kuvvetin değişimi

Şekil 2.16 (a)'daki gibi cisme kuvvet etmediği sürece cisim denge konumundadır. Cisim denge konumundan uzaklaştırmak için sürekli artan F kuvveti uygulamak gerekir. Uzanım arttıkça kuvvetin büyüklüğü de artar. [Şekil 2.16 (b)] Cisim serbest bırakıldığında geri çağırıcı kuvvetin etkisiyle denge konumuna doğru hızlanır ancak geri çağırıcı kuvvetin değeri azalır ve denge konumundan geçerken sıfır olur. (Şekil 2.16 (c-ç)) Cisim denge konumundan ayrılırken geri çağırıcı kuvvet ters yönde artarak etki eder. Genlik noktasına geldiğinde yine kuvvet en büyük değeri alır [Şekil 2.16 (d-e)]

Newton'un II. Hareket Yasası'na göre basit harmonik hareket yapan cisme etki eden geri çağırıcı kuvvetin konuma göre değişimi aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$F = m \cdot a \quad a = -\omega^2 \cdot x$$

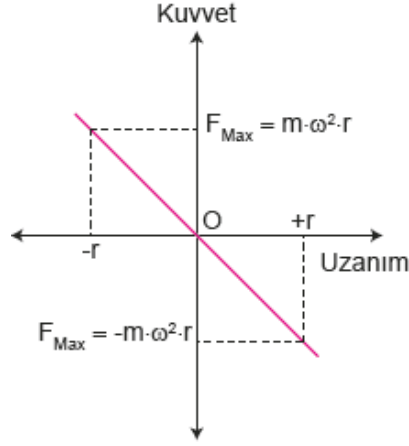
$$F = -m \cdot \omega^2 \cdot x$$

Bağıntıdaki (-) işareti geri çağırıcı kuvvet ile konumun ters yönlü olduğunu gösterir. Bu bağıntıda uzanımın en büyük değerinde $x=r$ yazılırsa denklem;

$$F = -m \cdot \omega^2 \cdot r \text{ şeklinde olur.}$$

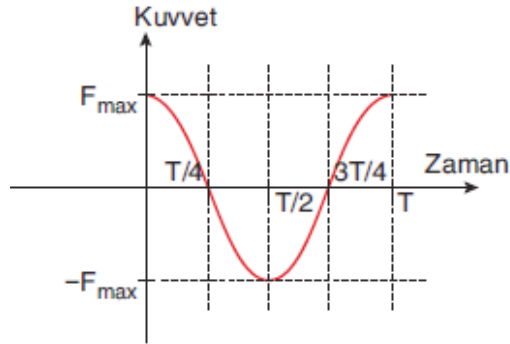
Fizik 7

Basit harmonik hareket yapan cismin konuma göre etki eden geri çağırıcı kuvvetin minimum ve maksimum olduğu yerler Şekil 2.17’deki gibidir.



Şekil 2.17 Basit harmonik harekette kuvvet-konum grafiği

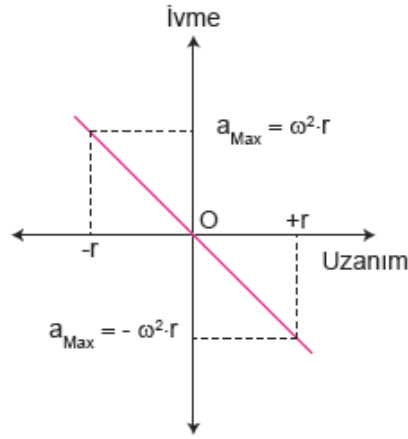
Basit harmonik harekette uzanımın zamana göre değişimi sinüs eğrisi olduğuna göre kuvvetin zamana göre değişimi de sinüs eğrisi grafiğidir (Şekil 2.18).



Şekil 2.18 Basit harmonik hareketin kuvvet-zaman grafiği

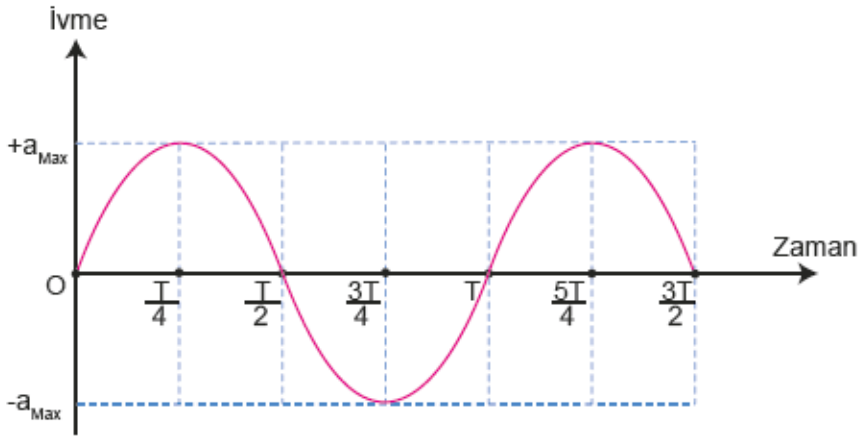
İvmenin Konuma Göre Değişimi

Basit harmonik harekette geri çağırıcı kuvvetin yönü ivme vektörünün yönü ile aynıdır. Newton’un II. Hareket Yasası’na göre bir cisme etki eden net kuvvet , cisme kuvvet ile aynı yönde bir ivme kazandırır. Bu ivme $F = m \cdot a$ bağıntısından bulunur. Basit harmonik hareket, düzgün çembersel hareketin iz düşümüdür. Bu hareketlerde ivmenin en büyük değeri için $a = -\omega^2 \cdot r$ bağıntısı yazılabilir. Bu bağıntıda r genlik, ω ise açısal hızdır. Cismin denge konumundan x kadar uzaklıktaki ivmesi için $a = -\omega^2 \cdot x$ bağıntısını kullanabiliriz. Basit harmonik hareket yapan bir cismin ivmesinin uzanıma bağlı değişim grafiği Şekil 2.19’daki gibidir.



Şekil 2.19 Basit harmonik harekette ivme - konum grafiği

Grafiğe göre, basit harmonik harekette ivme vektörü ile konumu doğru orantılıdır ancak ivmenin yönü, geri çağırıcı kuvvet gibi konum vektörü ile daima zıt yöndedir. Denge konumundan harekete başlayan cismin uzanımının zamana göre değişimi sinüs grafiği şeklindedir. Uzanım ile ivme doğru orantılı olduğuna göre cismin, ivmesinin zamana göre değişim grafiği de sinüs grafiği şeklindedir (Şekil 2.20).



Şekil 2.20 Basit harmonik hareketin ivme-zaman grafiği

2.5 BASİT HARMONİK HAREKETTE PERİYOT

Çembersel hareket gibi basit harmonik hareket de periyodik harekettir. Periyodik hareket ise sürekli tekrarlanan hareket olarak açıklayabiliriz. Basit harmonik hareket yapan cismin periyodunu değiştiren etkenlerle salınım hareketi yapan sarkacın periyodunu etkileyen etkenler farklıdır. Şimdi de bunları ayrı ayrı inceleyelim.

Yay sarkacının periyodu

Trambolinde zıplayan çocuğun periyodunu neler değiştirir? Yaylarının sertliği farklı iki tramboline eşit ağırlıkta iki çocuk zıpladığında her iki çocuğun periyotları aynı mıdır? Aynı trambolinde farklı ağırlıkta iki çocuk zıpladığında periyotları aynı mıdır? Yay sarkacının periyodu nelere bağlıdır? Bu soruların cevaplarını araştıralım.

Esnek yay ucuna bir cisim asıldığında veya esnek bir yaya kuvvet uygulandığında uygulanan bu kuvvet, yayın x kadar uzamasına neden olur. Yay esnekliğini koruduğu sürece yaya uygulanan kuvvet arttıkça yaydaki uzama miktarı(x) da aynı oranda artar. Yaya uygulanan kuvvetin yaydaki uzama miktarına oranı daima sabittir ve bu sabit değere **yayın uzama katsayısı** denir. Bu ifade $F = -k \cdot x$ bağıntısıyla açıklanır ve buna **Hook Yasası** denir. Burada F yaya uygulanan kuvvet(N), x ise yaydaki uzama miktarı(m)dır.

Şekil 2.21'deki gibi yay ucuna bir cisim asılıp serbest bırakıldığında yay ucundaki cisim geri çağırıcı kuvvetin etkisiyle basit harmonik hareket yapar. Yayı gerdiren F_1 kuvveti yaya basit harmonik hareket yaptıran geri çağırıcı kuvvet F_2 'ye eşittir. Yayı geren kuvvet $-k \cdot x$, geri çağırıcı kuvvet de Newton'un Hareket Yasası'na göre $m \cdot a$ şeklinde eşitlenirse,

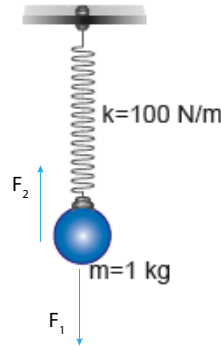
$F_1 = -F_2$ eşitliği elde edilir. Bu eşitlikte,

$m \cdot a = -k \cdot x$ eşitliğin de a yerine $-\omega^2 \cdot x$ bağıntısı yazılırsa,

$-m \cdot \omega^2 \cdot x = -k \cdot x$ eşitliği oluşur. Bu bağıntıdan

$\omega^2 = \frac{k}{m}$ eşitliği elde edilir. Bu eşitlikten, $\omega = \frac{2\pi}{T}$ yerine yazılırsa;

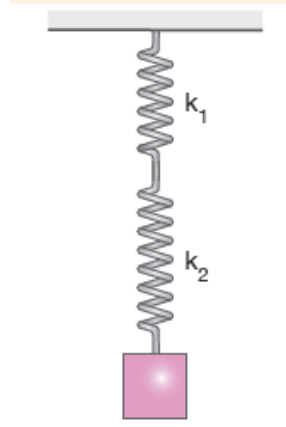
$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ bağıntısı elde edilir.



Şekil 2.21 Basit harmonik harekette kuvvetler

Eşitliğe göre, basit harmonik hareket yapan yay sarkacının periyodu yayın esneklik katsayısına ve yaya uygulanan kuvvet veya yay ucundaki cismin ağırlığına bağlıdır. Yay sarkacının periyodu, cismin genliğine ve yer çekimine bağlı değildir.

İki ya da daha fazla yaydan oluşan yay sisteminin periyodu ise sistemin toplam yay sabiti (k_{es} değer.) kullanılır. Ağırlıkları ihmal edilen iki yay uç uca bağlandığında seri bağlanmış olur(Şekil 2.22). Her iki yaya aynı F kuvveti etki edeceğinden Hook Yasası'na göre yaylardaki uzama miktarının toplamı toplam uzamaya ($x = x_1 + x_2$) eşittir.



Şekil 2.22 Seri bağlı yaylar

$$x = x_1 + x_2$$

$$\frac{F}{k_{es}} = \frac{F}{k_1} + \frac{F}{k_2}$$

$$\frac{1}{k_{es}} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

Buna göre yayın periyodu $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}}}$ olur. Buradan yaylar seri bağlandığında

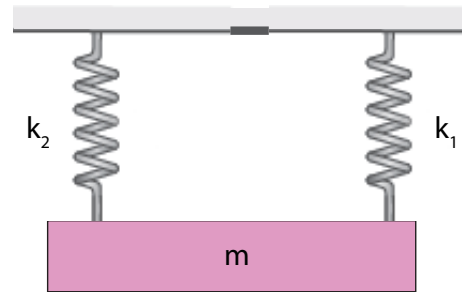
periyodun tek yayın oluşturduğu periyoda göre artacağı sonucunu çıkarabiliriz.

Eşit uzunlukta iki ya da daha fazla yay bir birine paralel bağlandığında her bir yaya etki eden kuvvetler toplam kuvvete eşit olur. Yaylardaki uzama miktarı ise eşit ve toplam uzama miktarı kadardır(Şekil 2.23).

$$F_{eş} = F_1 + F_2 \quad x = x_1 = x_2$$

$$k_{eş} \cdot x = k_1 \cdot x + k_2 \cdot x$$

$$k_{eş} = k_1 + k_2$$



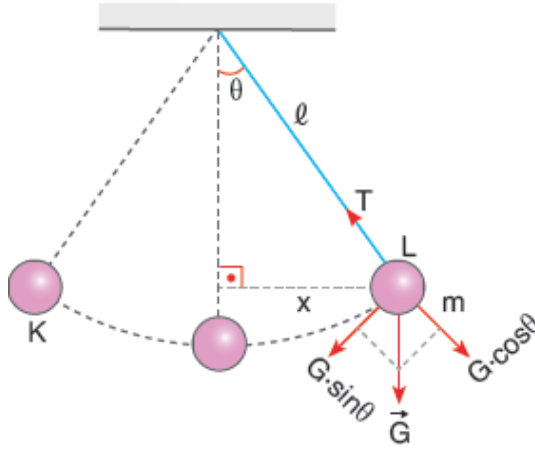
Şekil 2.23 Paralel bağlı yaylar

Paralel bağlı yayaların periyodu $T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k_1 + k_2}}$ olur. Buna göre yaylar paralel bağlandığında yayların periyodu tek yayın oluşturduğu periyoda göre daha da kısılır.

Basit sarkacın periyodu

Aynı salıncakta sallanan farklı kütlelerdeki iki çocuğun periyotları aynı mıdır? Salıncığın uzunluğu değiştiğinde periyodu değişir mi? Sarkaçlı saatlerin geri kalması periyodu değiştiğinden midir? Bu soruların cevabını araştıralım.

Ağırlığı ihmal edilen ℓ uzunluğundaki ipin ucuna m kütleli bir cisim bağlayıp düşey ile 10° açı yapacak şekilde denge konumundan çekip bırakıldığında salınım hareketi yapar. Şekil 2.24'teki salınım hareketi yapan cismin herhangi bir andaki serbest cisim diyagramında, cisme basit harmonik hareket yaptıran geri çağırıcı kuvvetin ipin ucundaki cismin ağırlığının bileşenine eşittir. Cismin ağırlığının diğer bileşeni de ipi geren kuvvete (T) eşittir.



Şekil 2.24 Basit sarkacın herhangi bir andaki serbest cisim diyagramı

$$T = G \cdot \cos\theta \quad F = G \cdot \sin\theta$$

Geri çağırıcı kuvveti Newton'un Hareket Yasası'na eşitlersek,

$G \cdot \sin\theta = m \cdot a$ olur. Buradan $\sin\theta$ yerine $\frac{x}{\ell}$ ve a yerine de $-\omega^2 \cdot x$ ve $\omega = \frac{2\pi}{T}$ değerleri yerine yazılırsa periyot;

$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{\ell}{g}}$ bağıntısı elde edilir. Bu bağıntıya göre, basit sarkacın periyodu sadece ipin uzunluğuna ve yer çekimine bağlıdır. İpin ucundaki cismin kütlesine ve sarkacın salınım genliğine bağlı değildir.

ÖZET

1.BÖLÜM : BASİT HARMONİK HAREKET

Sürtünmenin ihmal edildiği bir ortamda geri çağırıcı kuvvetin etkisi ile sönümsüz yapılan titreşim hareketine basit harmonik hareket denir. Düşey düzlemde düzgün çembersel hareket eden cismin yarı çap vektörünün izdüşümü basit harmonik harekete örnektir. Ucundaki ağırlığın etkisiyle denge noktası etrafında salınım hareketi yapan sisteme sarkaç denir. Basit sarkaç da basit harmonik hareket yapar.

Buna göre basit harmonik hareket yapan cisimlerin konumunun zamana göre değişimi bir sinüs fonksiyonu şeklinde oluşur. Basit harmonik hareket yapan bir cismin hızı, uzanımın en büyük olduğu konumda sıfır, denge konumundan geçerken en büyük değerdedir.

Ayrıca basit harmonik harekette ivme vektörü ile konumu doğru orantılıdır ancak ivmenin yönü, geri çağırıcı kuvvet gibi konum vektörü ile daima zıt yöndedir.

Yay sarkacının periyodu $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ bağıntısı ile,

basit sarkacın periyodu ise, $T = 2\pi\sqrt{\frac{\ell}{g}}$ bağıntısı ile bulunur.

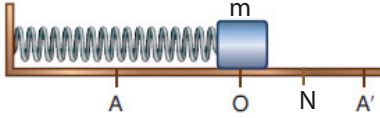
2. ÜNİTE

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

1. Aşağıda verilen hareketlerden hangisi basit harmonik harekete örnek olarak verilemez?

- A) Salıncakta sallanan çocuğun hareketi
- B) Doğrusal bir yolda koşan çocuğun hareketi
- C) Yay ucuna asılı cisim gerdirildiğinde cismin hareketi
- D) Gitar teline kuvvetle vurulduğunda telin hareketi

2. Kütlesi m olan bir cisim yay ucuna bağlanarak A-A' noktaları arasında şekildeki gibi basit harmonik hareket yapmaktadır.



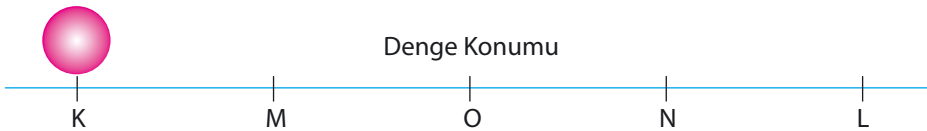
Cismin bu hareketi ile ilgili,

- I. A noktası hareketin genliğidir.
- II. N noktası herhangi bir andaki uzanımdır.
- III. O noktası hareketin denge noktasıdır.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I
- B) I ve III
- C) II ve III
- D) I, II ve III

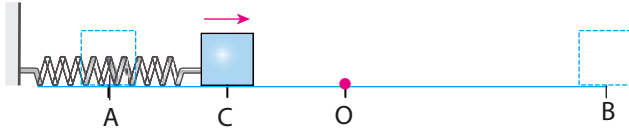
3. K - L noktaları arasında basit harmonik hareket yapan şekildeki cisim K'den M'ye 2 s'de geliyor.



Noktalar arası uzaklıklar eşit olduğuna göre bu hareketin periyodu kaç s'dir?

- A) 24
- B) 16
- C) 12
- D) 6

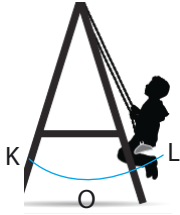
4. Bir cisim kütlesi önemsiz yay ucunda şekildeki gibi A-B noktaları arasında basit harmonik hareket yapmaktadır.



Cisim C noktasından ok işaretiyle belirtilen yönde geçerken cisme ait; hız (v) ve ivme (a) vektörlerinin yönelimi aşağıdakilerin hangisinde doğru olarak çizilmiştir?

- A) B) C) D)

5. Bir çocuk şekildeki gibi KOL noktaları arasında sallanmaktadır.



Çocuğun basit harmonik hareketi ile ilgili,

- I. L'den O'ya giderken hızı artar.
- II. O'dan K'ye giderken ivmesi azalır.
- III. K ve L noktalarında geri çağırıcı kuvvet en büyük değerdedir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III D) I ve III

6. Aşağıda basit harmonik hareket ile ilgili cümleler verilmiştir.

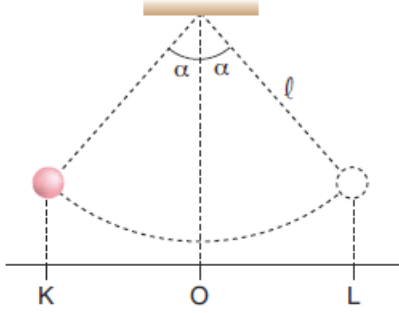
- Basit harmonik hareketin denge konumuna olan maksimum uzaklığınadenir.
- Basit harmonik hareket yapan cismin denge konumundan geçerken en büyük değerini alır.
- Yay ucundaki bir cisim basit harmonik hareket yaptığında artarsa periyodu da artar.

Cümlelerde boş bırakılan yerlere en uygun kavramlar getirildiğinde aşağıdakilerden hangisi doğru olur?

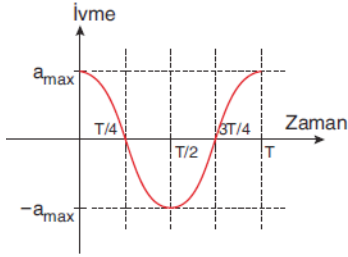
- A)
 - genlik
 - hızı
 - kütlesi
- B)
 - denge noktası
 - ivmesi
 - yayın uzunluğu
- C)
 - uzanım
 - kuvvet
 - kütlesi
- D)
 - periyot
 - hızı
 - ivmesi

Fizik 7

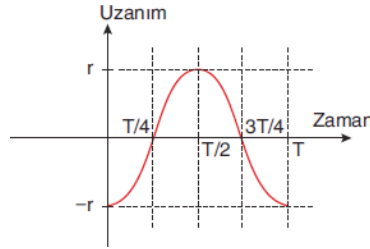
7. Kütlesi m olan bir cisim L uzunluğundaki ağırlığı önemsiz ipin ucuna bağlanarak şekildeki gibi K-L noktaları arasında basit harmonik hareket yaptırılıyor.



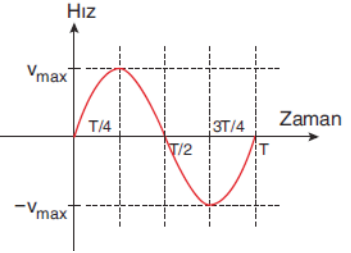
Cismin hareketine ait ,



I



II



III

Grafiklerden hangileri bu harekete aittir?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I, II ve III

8. Basit harmonik hareket ile ilgili cümleler aşağıda verilmiştir.

- Basit harmonik hareket yapan cisim, denge konumuna yaklaşırken geri çağırıcı kuvvetin büyüklüğü artar. (...)
- Basit harmonik hareket yapan basit sarkacın, çekim alanı daha büyük bir ortama götürüldüğünde periyodu azalır. (...)
- Çembersel hareket yapan cisimlerin iz düşümleri, basit harmonik harekete örnektir. (...)

Bu cümlelerin sonundaki boş bırakılan yerlere, cümle doğru ise (D) cümle yanlış ise (Y) işareti konulduğunda doğru sonuç aşağıdakilerden hangisidir?

A)

Y
D
D

B)

D
Y
D

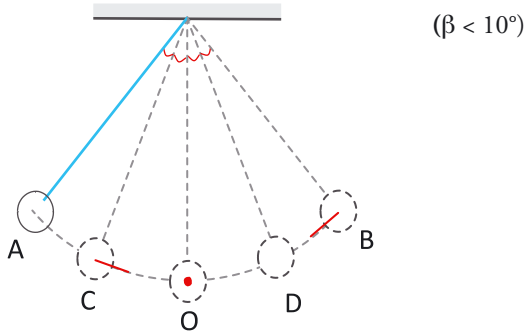
C)

Y
Y
D

D)

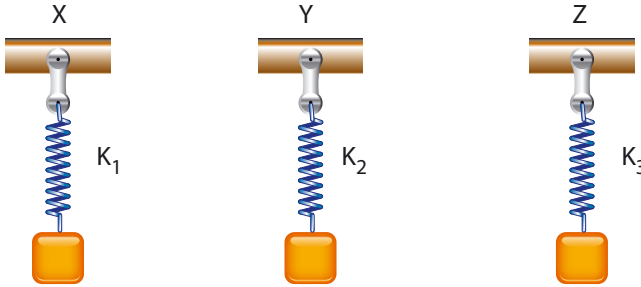
Y
D
Y

9. A-B noktaları arasında basit harmonik hareket yapan şekildeki sarkacın periyodu 6 s'dir.



Cisim A noktasından bırakıldıktan 10 s sonra nerede bulunur?

- A) C noktasında B) O noktasında C) OD arasında D) DB arasında
10. Özdeş X, Y ve Z cisimleri yay sabitleri sırasıyla k_1 , k_2 , k_3 olan yaylara şekildeki bağlanarak basit harmonik hareket yaptırılıyor.



Yayların yay sabitleri arasında $k_1 > k_2 > k_3$ ilişkisi olduğuna göre basit harmonik hareket yapan bu cisimlerin periyotları T_1 , T_2 ve T_3 arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

- A) $T_1 > T_2 > T_3$ B) $T_1 = T_2 = T_3$ C) $T_3 > T_2 > T_1$ D) $T_2 > T_3 > T_1$

11. Özdeş üç sarkaç K, L, M asansörlerinin tavanına asılmıştır. K asansörü yukarı doğru düzgün hızlanan, L asansörü yukarı doğru sabit hızlı, M asansörü ise aşağıya doğru düzgün hızlanan hareket yapmaktadır.

Asansörlerdeki sarkaçların periyotları T_K , T_L ve T_M olduğuna göre bu periyotlar arasındaki büyüklük ilişkisi aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

- A) $T_M > T_L > T_K$ B) $T_M > T_K > T_L$ C) $T_K > T_L > T_M$ D) $T_L > T_M > T_K$

Fizik 7

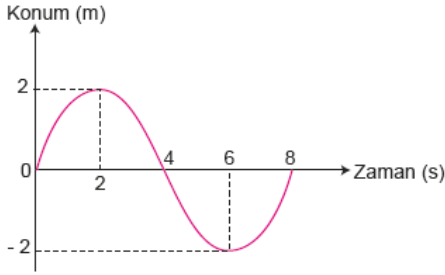
12. Basit harmonik hareket yapan bir cismin konum denklemi $x = 20 \cdot \sin(10\pi \cdot t)$ 'dir.

Buna göre, bu hareketin genliği (r) ve periyodu (T) kaçtır?

Genliği (cm) Periyodu (s)

- A) 10 5
B) 20 10
C) 20 10
D) 10 1/5

13. Basit harmonik hareket yapan bir cismin uzanım-zaman grafiği şekildeki gibidir.



Grafikten elde edilen bilgilere göre, bu hareket ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

- A) Hareketin periyodu 4 saniyedir.
B) Cisme 4. saniyede etki eden net kuvvet sıfırdır.
C) Cismin 2. saniyedeki sürati en büyüktür.
D) Cismin 6. saniyedeki ivmesi sıfırdır.

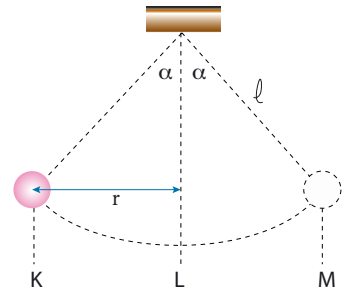
14. Ağırlığı önemsiz ℓ uzunluğundaki ipin ucuna kütlesi m olan bir cisim bağlanarak şekildeki gibi KLM noktaları arasında basit harmonik hareket yaptırılıyor.

Cismin K noktasından L'ye geliş süresini artırmak için;

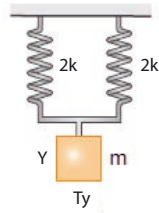
- I. Cismin kütlesi(m) artırılmalıdır.
II. İpin uzunluğu (ℓ) artırılmalıdır.
III. Cismin genliği (x) artırılmalıdır.

işlemlerinden hangileri yapılmalıdır?

- A) Yalnız II B) I ve II C) II ve III D) I, II ve III



15. Sürtünmenin önemsiz olduğu bir ortamda özdeş yaylarla oluşturulan şekildeki sisteme eşit kütleli X, Y cisimleri asılarak T_x ve T_y periyotlarıyla basit harmonik hareket yaptırılıyor.



Buna göre, X ve Y cisimlerinin periyotları oranı $\frac{T_x}{T_y}$ kaçtır?

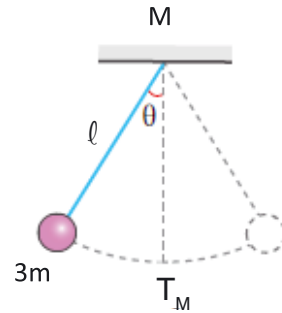
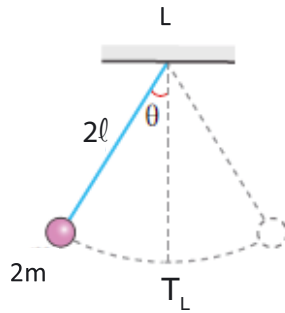
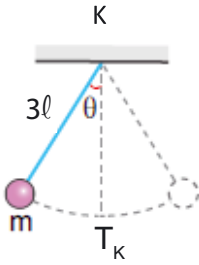
A) $\frac{1}{4}$

B) 1

C) 2

D) 4

16. Sürtünmenin ihmal edildiği bir ortamda kütleleri sırasıyla m , $2m$, $3m$ olan K, L, M cisimleri ağırlığı önemsiz farklı uzunluktaki iplerin ucuna bağlanarak şekildeki gibi düşey doğrultudan uzaklaştırıp bırakılıyor.



K, L, M cisimlerinin periyotları T_K , T_L ve T_M olduğuna göre, bu periyotlar arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir? ($\theta < 10^\circ$)

A) $T_K > T_L > T_M$

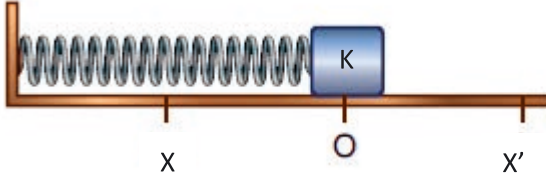
B) $T_K = T_L = T_M$

C) $T_L > T_K > T_M$

D) $T_M > T_L = T_K$

Fizik 7

17. Sürtünmelerin önemsiz olduğu bir ortamda kütlesi m olan K cismi ağırlığı ihmal edilen yay ucuna bağlanarak X - X' noktaları arasında basit harmonik hareket yaptırılıyor.



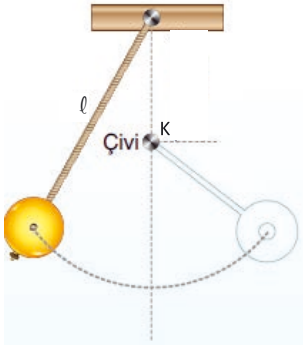
Cismin denge konumu olan O noktasından geçiş süratinin artması için;

- I. K cisminin üzerine özdeş bir cisim bağlamak,
- II. K cismini X uzaklığından daha büyük bir noktaya kadar sıkıştırıp bırakmak,
- III. K cismine bağlı yaya özdeş bir yay seri olarak bağlamak.

işlemlerinden hangileri yapılmalıdır?

- A) Yalnız I B) Yalnız II C) I ve II D) I, II ve III

18. Uzunluğu ℓ olan ipin ucuna bir cisim bağlanarak basit sarkaç oluşturulup denge konumundan şekildeki gibi bir miktar uzaklaştırılarak T periyoduyla basit harmonik hareket yapması sağlanıyor.



Cisim denge konumundan geçerken, ip K noktasından duvara çakılı olan çiviye takılıyor.

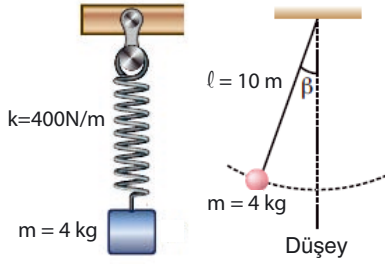
Cismin bundan sonra maksimum uzanıma ulaşınca kadar hareketi ile ilgili;

- I. Periyodu küçülür.
- II. Açısal sürati artar.
- III. Geri çağırıcı kuvvet artar.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) I ve II B) II ve III C) I ve III D) I, II ve III

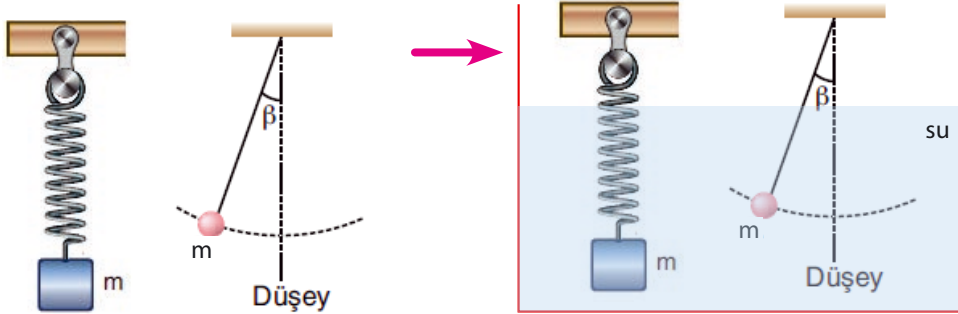
19. Şekildeki yay sarkacı ve basit sarkaca özdeş 4 kg'lık cisimler asılarak basit harmonik hareket yaptırılıyor.



Buna göre, yay sarkacının ve basit sarkacın periyotları kaç saniyedir? ($\pi = 3$, $g = 10 \frac{N}{Kg}$ alınınız. $\beta < 10^\circ$)

<u>Yay sarkacı</u>	<u>Basit sarkaç</u>
A) 0,6	1
B) 0,1	0,4
C) 1,5	6
D) 0,6	6

20. Sürtünmelerin ihmal edildiği bir ortamda yay sarkacı ve basit sarkaç sistemi eşit periyotlarla Şekil-I'deki gibi titreşim hareketi yapmaktadır. Başka bir değişiklik yapmadan sistem, içinde su bulunan Şekil II'deki kaba daldırılıyor.

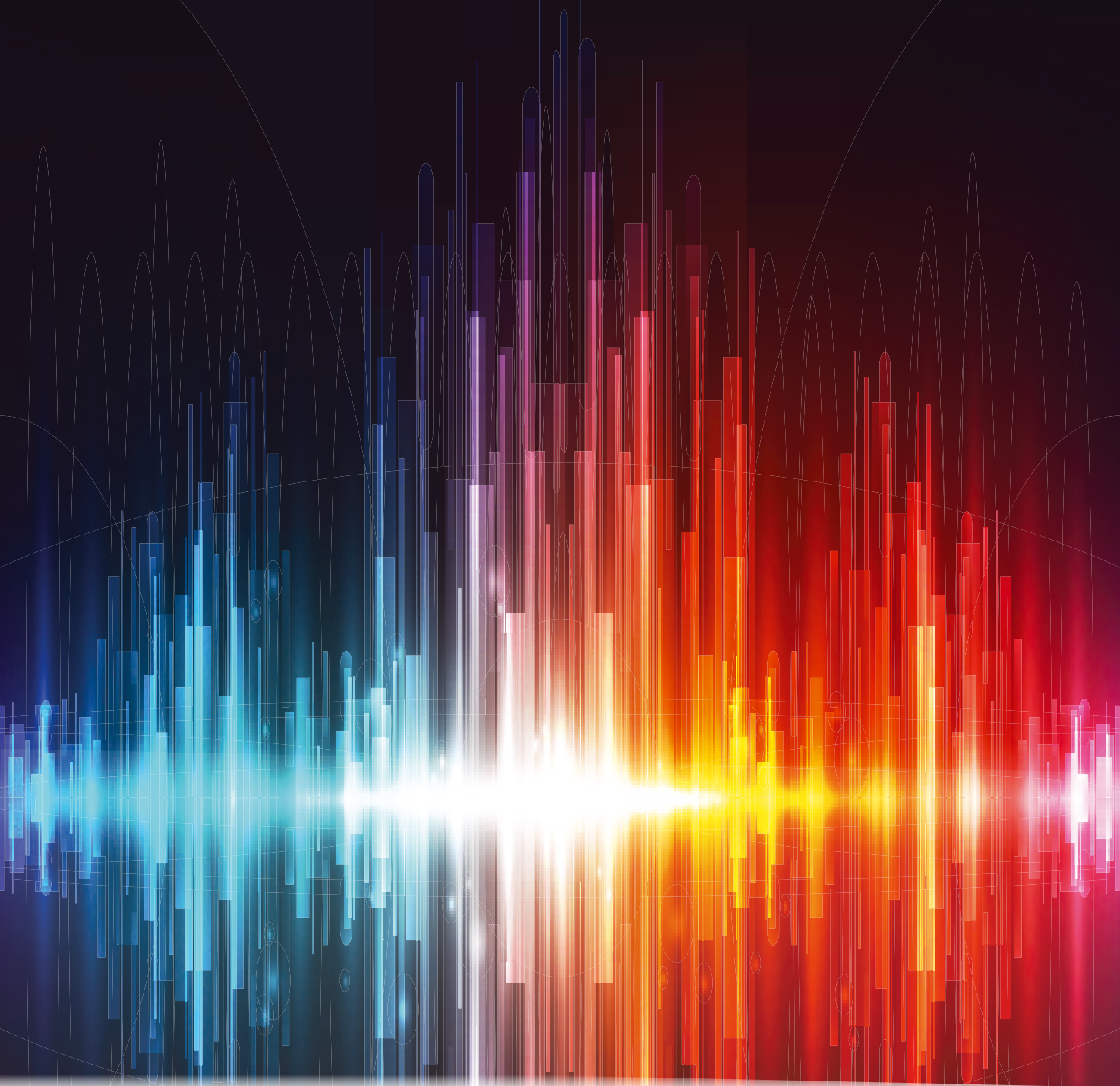


Şekil I

Şekil II

Buna göre, yay sarkacının ve basit sarkacın periyotları nasıl değişir?

<u>Yay sarkacının</u>	<u>Basit sarkacın</u>
A) Değişmez	Artar
B) Azalır	Değişmez
C) Artar	Azalır
D) Değişmez	Azalır



3. ÜNİTE

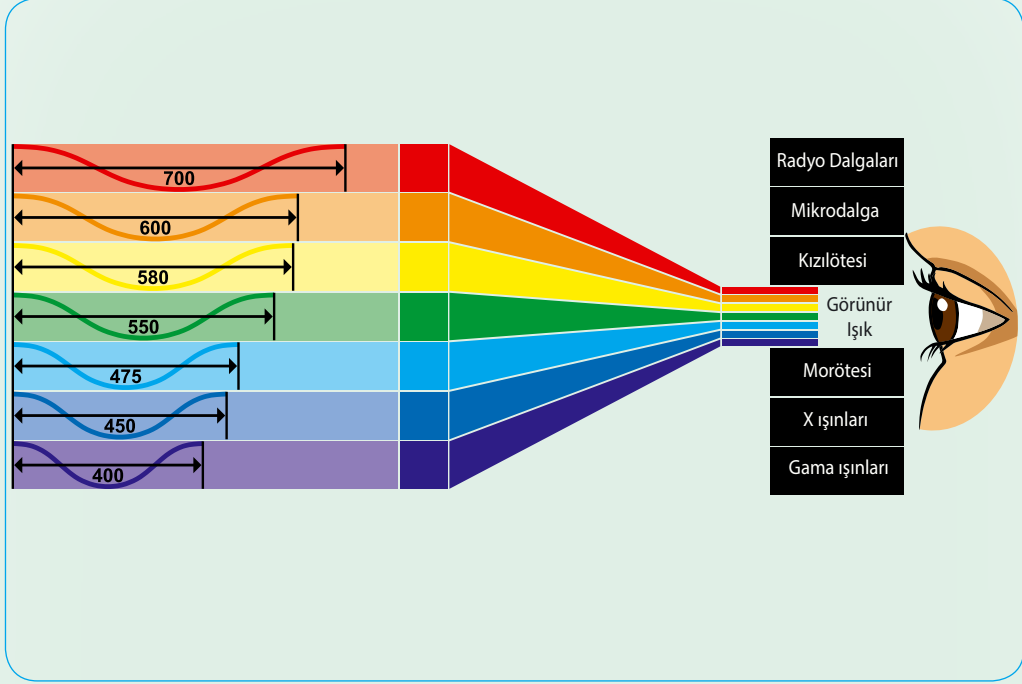
DALGA MEKANİĞİ



ÜNİTE KONULARI

- ▶ **DALGALARDA KIRINIM, GİRİŞİM VE DOPPLER OLAYI**
- ▶ **IŞIĞIN ÇİFT YARIKTA GİRİŞİMİ**
- ▶ **IŞIĞIN TEK YARIKTA KIRINIMI**
- ▶ **IŞIĞIN DOĞASI**
- ▶ **DOPPLER OLAYI**
- ▶ **ELEKTROMANYETİK DALGALAR**

3. ÜNİTE



NELER ÖĞRENECEĞİZ ?

Bu bölümü tamamladığınızda;

1. Su dalgalarında kırınım ve girişim olayının dalga boyu ve yarıklık ilişkisini,
2. Işığın çift yarıklıkta girişimine ve tek yarıklıkta kırınımına etki eden değişkenleri,
3. Işığın dalga doğası hakkında çıkarımları,
4. Doppler Olayı'nın günlük hayattaki örneklerini,
5. Işık ve ses dalgaları üzerinden elektromanyetik dalgaların özelliklerini öğreneceksiniz.

ANAHTAR KELİMELELER

- Kırınım
- Girişim
- Doppler Olayı
- Elektromanyetik Dalga
- Elektromanyetik Spektrum

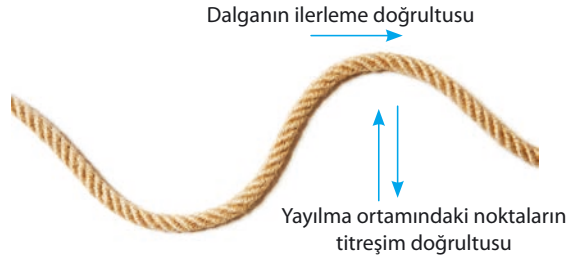
3. DALGA MEKANİĞİ

Hareket çeşitlerinden titreşim hareketi veya salınım hareketini öğrendik. Dalga hareketinin titreşim hareketi ile ilgisi var mıdır? Su dolu havuza parmağımızı değdirdiğimizde su yüzeyinde , bir titreşim hareketi meydana gelir ve genişleyen halkalar şeklinde yayılan dalgalar oluştuğu görülür (Resim 3.1) Demek ki dalga hareketi de bir tür titreşim hareketi olarak açıklanabilir. Dalgalar çok sık rastladığımız doğa olaylarıdır. Örneğin su dalgaları, yay dalgaları, ses dalgaları birer titreşim hareketidir. Dalga hareketinde dalgalar bir yöne doğru ilerlerken ortam tanecikleri bulunduğu yerde sadece titreşim hareketi yapar.



Resim 3.1 Su dalgaları

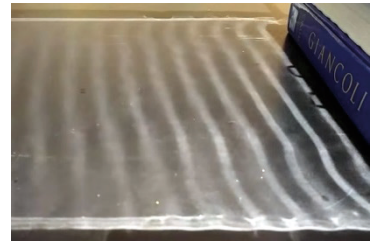
Gerdirmiş bir ipte da aynı durum söz konusudur. İp gerdirilip bir ucundan kuvvetle denge konumundan uzaklaştırılırsa titreşim hareketi yapar. İp üzerinde oluşturulan dalgada, ilerleyen ip değil, ipi oluşturan taneciklerin titreşimidir (Şekil 3.1).



Şekil3.1 İpte oluşan dalga hareketi

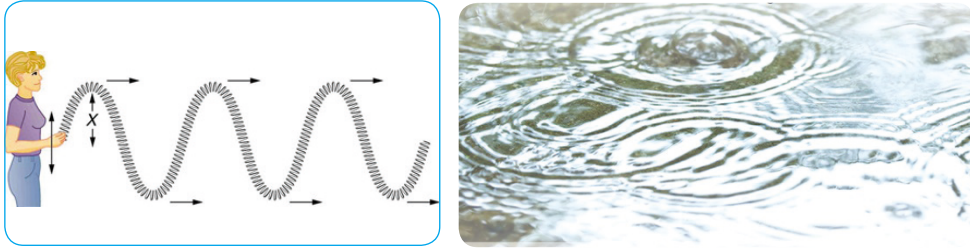
3.1 DALGALARDA KIRINIM, GİRİŞİM VE DOPPLER OLAYI

Dalgalar ilerleme doğrultuları üzerinde bulunan bir engelle çarptığında yansarak bulunduğu ortama geri döner (Resim 3.2) Gelen dalgalarla yansıyan dalgalar karşılaştığında ne olur? Su dolu kaba farklı iki noktadan eşit sürelerde dokunulduğunda oluşan dalgalar birbiriyle karşılaştığında nasıl davranırlar?



Resim 3.2 Su dalgalarının yansıması

Aynı yay üzerinde oluşturulan dalgalar karşılaştıklarında oluşan görünüm ile suya düşen yağmur damlalarının oluşturduğu görünüm aynı mıdır?(Resim 3.3)



Resim 3.3 Yay ve su dalgalarının karşılaştığı

3.1.1 Su Dalgalarında Kırınım Olayı

Fırtınalı günlerde balıkçı kayıkları ve gemiler, fırtınada oluşan yüksek dalgalarla etkilenmemek için limanda bekler. Liman, gemilerin denizden giriş kısmına doğru daralan ve dalgakıran denilen set ile oluşturulur (Resim 3.4). Dalgakıran limanın giriş kısmını daraltır ve gelen yüksek dalgalar bükülerek liman içerisine daha küçük dalgalar şeklinde ilerler. Aynı şekilde denizde koya doğru yaklaşan su dalgaları koydan geçerken doğrultu değiştirerek koyun iç kısmında farklı bir desene yayılır (Resim 3.5).

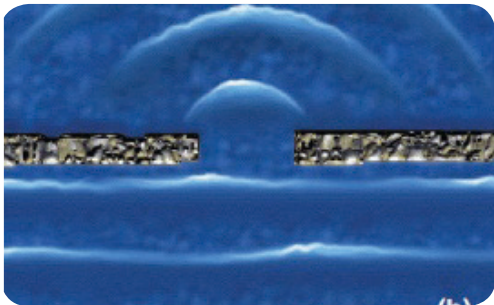


Resim 3.4 Limandaki dalgakıran

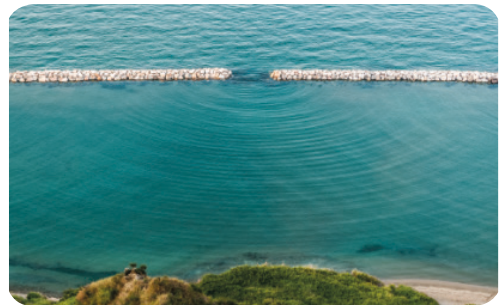


Resim 3.5 Su dalgalarının koydaki kırınımı

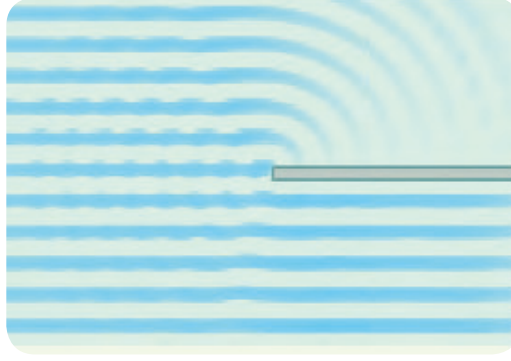
Verilen örneklerde olduğu gibi su dalgalarının, ilerleme doğrultusu üzerinde genişliği dalga boyuna göre daha dar olan yarıklardan geçerken doğrultu değiştirerek dairesel şekilde yayılmasına **kırınım** denir (Resim 3.6). Kırınım olayı su yüzeyinde kenarları keskin olan engelden geçerken de görülebilir (Şekil 3.2). Kırınım olayı ile oluşan desene **kırınım deseni** adı verilir (Resim 3.7). Kırınım olayının gözlenebilmesi için gelen dalgaların dalga boyunun (λ), engeller arasındaki genişlikten (w) büyük veya eşit olmalıdır.



Resim 3.6 Su dalgalarında kırınım



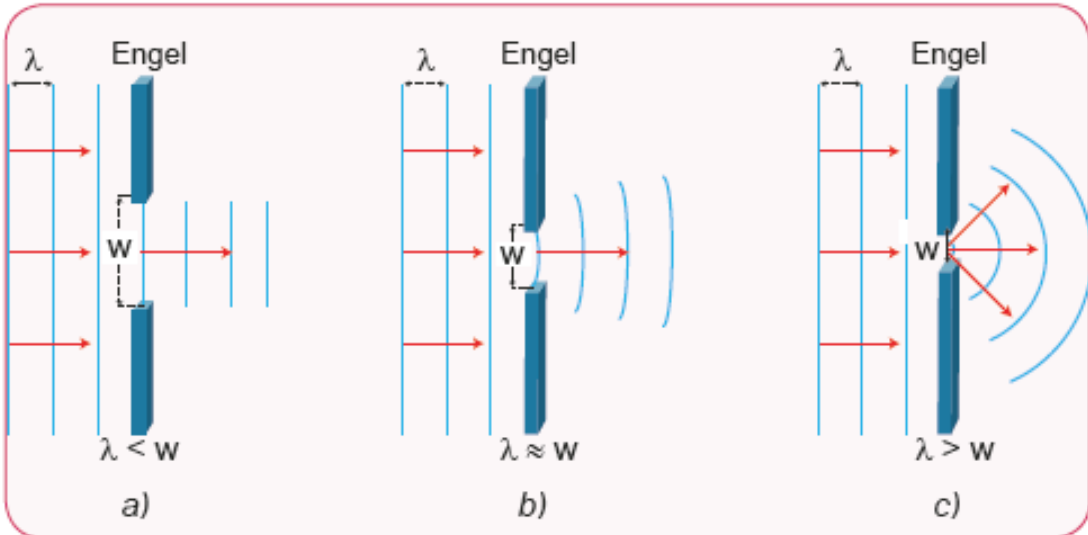
Resim 3.7 Su dalgalarında kırınım deseni oluşması



Şekil 3.2 Su dalgalarının engelde kırınımı

Durgun su yüzeyinde oluşturulan doğrusal dalgalar ilerlerken, ilerleme doğrultusu üzerinde bulunan aralıklı engellerden geçerken doğrultusunu değiştirerek hareket edebilir. Engeller arasındaki uzaklık küçültülürse doğrusal dalgaların bükülmesi daha da artar. Böylece kırınımına uğrayan dalgalar sanki engellerin arkasındaki noktasal kaynaktan çıkan dairesel dalgarmış gibi algılanır.

Engel arasındaki uzaklık gelen dalgaların dalga boyundan büyük ise ($w > \lambda$) kırınım olayı gözlenmez ve doğrusal dalgaların şeklinde bir değişiklik olmaz (Şekil 3.3 a). Engel arasındaki uzaklık azaltılır ve dalga boyuna eşit duruma getirilirse ($\lambda \approx w$) doğrusal dalgalar biraz büküleceğinden kırınım olayı az da olsa görünmeye başlar (Şekil 3.3 b). Engel arasındaki uzaklık biraz daha küçültülür ve gelen dalgaların dalga boyundan çok küçük olursa ($\lambda > w$) kırınım olayı tam gerçekleşir (Şekil 3.3 c). Böylece gelen doğrusal dalgalar dairesel dalgalar hâlinde ilerleyerek bir noktada odaklanır.



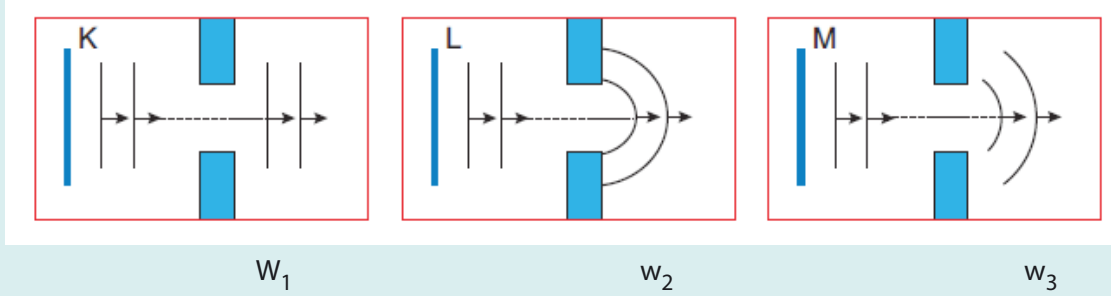
Şekil 3.3 a.b.c Doğrusal dalgaların engellerden geçerken kırınımına uğraması

Engeller arasındaki uzaklık sabit tutulup gelen dalgaların frekansını azaltarak veya dalgaların yayıldığı ortamın derinliğini artırarak da kırınım olayını gözlemleyebiliriz.



1. UYGULAMA

Derinliği her yerde aynı olan dalga leğenlerinde genişlikleri w_1 , w_2 ve w_3 olan yarıklara aynı dalga boyunda doğrusal dalgalar şekildeki gibi gönderiliyor.



Buna göre yarık genişlikleri w_1 , w_2 ve w_3 arasındaki ilişki nasıldır?

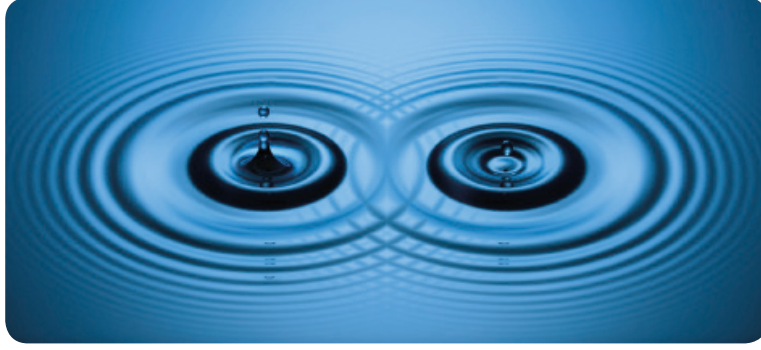
3.1.2 Su Dalgalarında Girişim Olayı

Yağmur yağarken göle yağmur damlaları düştüğünde damlaların su yüzeyinde oluşturduğu dairesel dalgaların görünümü Resim 3.8'deki gibidir.



Resim 3.8 Durgun su yüzeyine düşen yağmur damlaları

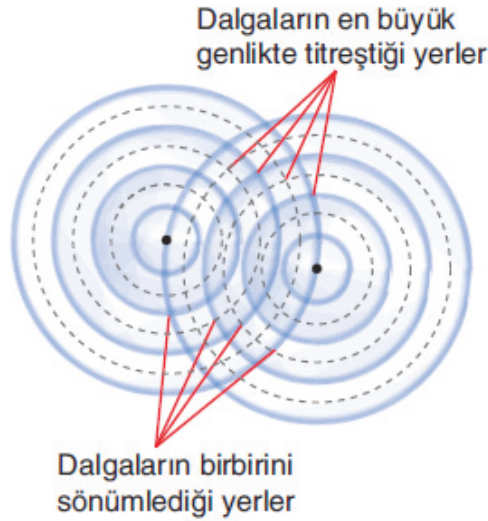
Su dolu havuza birbirine yakın noktalardan aynı anda iki taş attığımızda su yüzeyinde oluşan dairesel dalgalar karşılaştıklarında birbiri içinden geçerken Resim 3.9'daki gibi girişim yaparlar.



Resim 3.9 İki kaynaktan yayılan dairesel dalga girişimi

Dalgalar yayılırken birbiri içinden geçerler ve bu geçiş sırasında birbirini ya kuvvetlendirerek en büyük genlikle ya da birbirini söndürerek en küçük genlikle titreşir. Dalgaların yayılırken birbiri içinden geçmesine **girişim** denir. Dalgaların girişim oluşturduğu bu desene de **girişim deseni** denir.

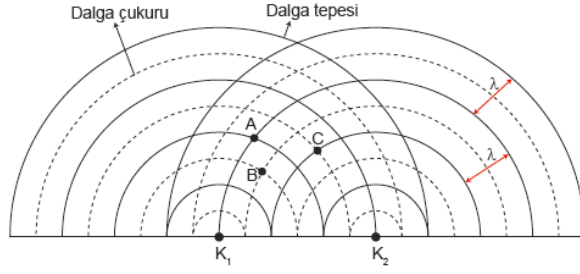
İlerleyen dalgaların üst üste geldiği yerlerde gelen dalgalardan birinin dalga tepesi ile diğer dalganın dalga tepesi veya bir dalga çukuru ile diğer dalganın dalga çukuru karşılaşır. Bu noktalar en büyük genlikle aşağı ya da yukarı doğru titreşir. Bazı noktalarda ise gelen dalgalardan birinin dalga tepesi ile diğer dalganın dalga çukuru karşılaşır. Bu noktalarda ise dalgalar birbirini söndürdüğünden titreşim hareketi görülmez (Şekil 3.4).



Şekil 3.4 Dalgaların karşılaştığı noktalar

Bir dalga leğeninde aynı dalga boyuna sahip dalgalar üreten dalga kaynaklarının oluşturduğu girişim deseninde, bir dalga tepesi ile diğer kaynaktan gelen dalga çukurunun karşılaştığı hareketsiz noktaya **düğüm noktası** denir. Her iki kaynaktan çıkan dalga tepelerinin veya dalga çukurlarının aynı anda karşılaştığı noktaya ise **karın noktası** denir.

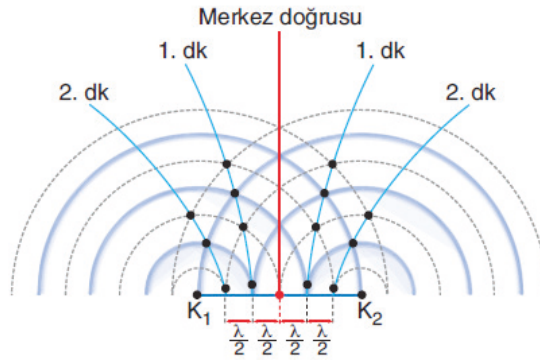
Şekil 3.5'te A ve B noktaları karın noktası, C noktası ise düğüm noktasıdır.



Şekil 3.5 Girişim deseni üzerindeki düğüm ve karın noktaları

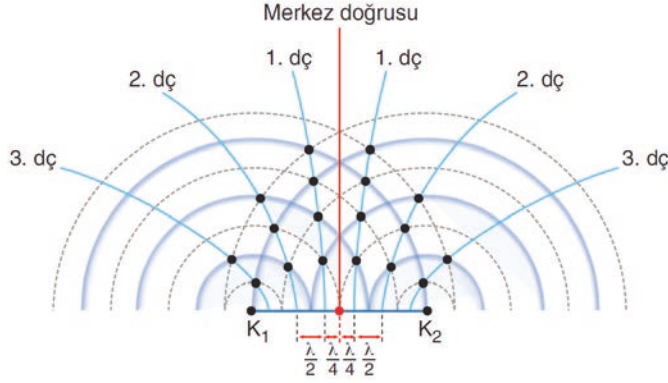
Girişim deseninde düğüm noktalarının birleştirilmesiyle oluşan çizgiye **düğüm çizgisi**, karın noktalarının birleştirilmesiyle oluşan çizgiye ise **dalga katarı** denir. Kaynakları birleştiren doğrunun ortasından dik çizilen doğru merkez doğrusudur. Kaynaklar aynı anda yani aynı fazda çalıştıklarında merkez doğrusu üzerinde dalga katarı oluşur. Bu çizgiye **merkezî dalga katarı** veya **sıfırıncı dalga katarı** denir.

Kaynaklar arasında çizilen düğüm ve karın çizgileri merkez doğrusunun her iki yanında simetrik eğriler şeklinde sıralanır. Şekil 3.6'da görüldüğü gibi dalga katarları arasındaki uzaklık dalga boyunun yarısı ($\lambda/2$) olacak şekilde merkez doğrusunun her iki yanında sıralanır. Merkez doğrusunun hemen yanında 1.dalga katarı daha sonra 2.dalga katarı şeklinde oluşur. Dalga katarları, kaynaktan uzaklaştıkça veya merkez doğrusuna yaklaştıkça doğrusal olur.



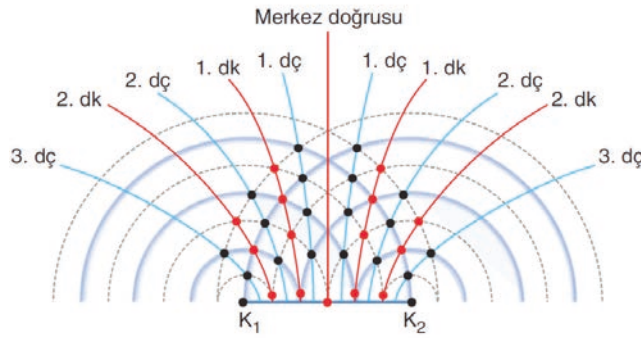
Şekil 3.6 Dalga katarlarının oluşumu

Benzer şekilde düğüm çizgileri de merkez doğrusunun sağında ve solunda simetrik olarak sıralanır. Şekil 3.7'de olduğu gibi düğüm çizgileri merkez doğrusunun sağında ve solunda $\lambda/4$ kadar uzaklıkta 1. düğüm çizgileri, daha sonra $\lambda/2$ kadar uzaklıkta 2 ve 3. düğüm çizgileri sıralanır. Düğüm çizgileri, kaynaklara doğru eğrileşirken merkez doğrusuna yaklaştıkça doğrusal hâle gelir.



Şekil 3.7 Düzlem girişim çizgilerinin oluşumu

Bir girişim deseni merkez doğrusunun sağında ve solunda simetrik olarak sırasıyla dalga katarı ve düğüm çizgilerinden oluşur.(Şekil 3.8) Merkez doğrusu üzerinde oluşan girişim noktalarının kaynaklara olan uzaklıkları eşittir. Merkez doğrusu dışında girişim deseni üzerindeki noktalar her bir kaynaktan farklı uzaklıktadır. Kaynaklar üzerinde ve kaynakların dışında girişim olayı gözlenmez. Oluşan girişim çizgilerinden ardışık bir dalga katarı ile düğüm çizgisi arası uzaklık dalga boyunun $\frac{1}{4}$ katına eşittir. Ayrıca ardışık iki dalga katarı veya iki düğüm çizgisi arası uzaklık dalga boyunun $\frac{1}{2}$ katıdır (Şekil 3.8).



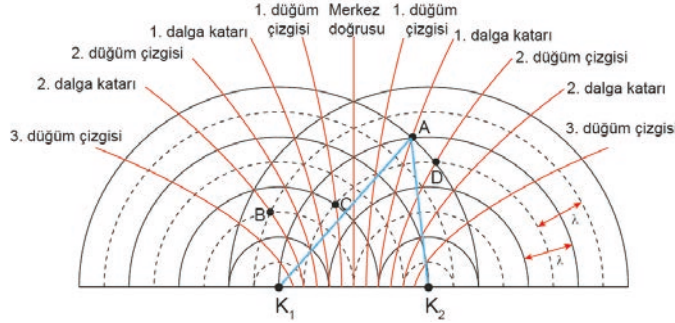
Şekil 3.8 Düzlem girişim çizgileri ve dalga katarlarının oluşumu

Girişim deseni üzerindeki herhangi bir noktanın, kaynaklardan gelen dalgaların aldığı yolların farkına, **yol farkı** (ΔX) denir. Yol farkı seçilen noktanın kaçınıcı dalga katarı veya düğüm çizgisi üzerinde olduğunu bulmamıza yardımcı olur. Girişim deseni üzerinde seçilen noktanın kaynaklara olan uzaklıkları dalga boyu (λ) cinsinden ifade edilir.

Dalga katarı üzerindeki herhangi bir A noktasının dalga kaynaklarına olan uzaklık farkı, dalga boyunun tam katları (n) kadardır. Bu durum;

$$|AK_1| - |AK_2| = n\lambda \text{ bağıntısıyla ifade edilir.}$$

Bu bağıntıda $n= 1, 2, 3 \dots$ şeklinde tam sayı olup seçilen noktanın kaçınıcı dalga katarı üzerinde olduğunu gösterir.



Şekil 3.9 Düzgüm çizgileri ve dalga katarlarının oluşumu

Şekil 3.9'daki girişim deseni üzerinde seçilen A noktasının kaynaklara uzaklıklar λ cinsinden ifade edilirse, $AK_1 = 4\lambda$ ve $AK_2 = 3\lambda$ olarak bulunur. A noktasının yol farkı; $\Delta X = AK_1 - AK_2$ 'den $\Delta X = 4\lambda - 3\lambda = \lambda$ olarak bulunur. A noktası için $n = 1$ olduğundan bu noktanın 1. dalga katarı üzerinde olduğu söylenebilir. Buna göre, girişim deseni üzerindeki bir noktanın kaynaklara olan uzaklık farkı dalga boyunun tam katları ise bu nokta dalga katarı üzerindedir. Dalga boyunun önündeki tamsayı da kaçınıcı dalga katarı üzerinde olduğunu belirtir.

Benzer şekilde girişim deseninde düğüm çizgileri üzerindeki herhangi bir C noktasının dalga kaynaklarına olan uzaklık farkı dalga boyunun $\frac{1}{2}$ katları ($n - \frac{1}{2}$) kadardır. Bu durum;

$$|CK_1| - |CK_2| = \left(n - \frac{1}{2}\right) \lambda \text{ bağıntısıyla ifade edilir.}$$

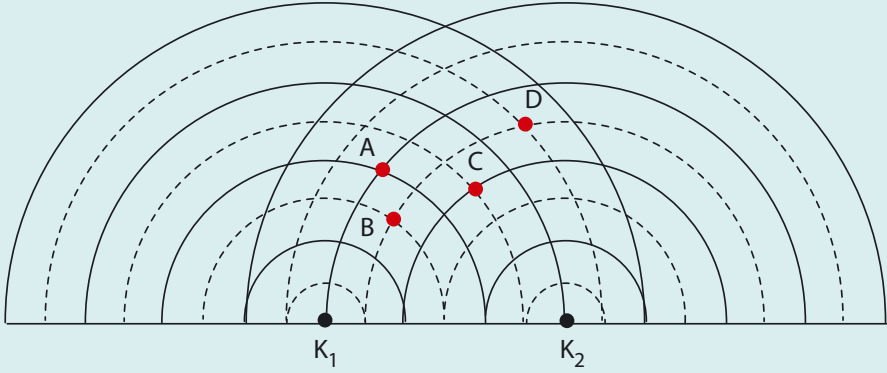
Uzaklık farkı dalga boyunun $\frac{1}{2}$ katı ise bu nokta 1. düğüm çizgisi üzerinde, uzaklık farkı $\frac{3}{2}$ ise 2. düğüm çizgisi üzerinde olduğu söylenir. Şekil 3.9'da görüldüğü gibi düğüm çizgileri de merkez doğrusunun sağında ve solunda simetrik olarak oluşmaktadır. Bu açıklamaya göre, desen üzerindeki bir noktanın kaynaklara olan uzaklıkların farkı dalga boyunun $\frac{1}{2}$ katları ise bu nokta düğüm çizgisi üzerindedir.

Su dalgalarıyla yapılan girişim deseninde girişim çizgi sayısı, kaynaklar arası uzaklıkla doğru, dalga boyu ile ters orantılıdır. Ayrıca dalgaların frekansı artarsa dalga boyu küçüleceğinden oluşan girişim çizgi sayısı da artar. Suyun derinliği arttığında oluşan dalgaların dalga boyu da artar. Bu seferde oluşan girişim çizgi sayısı azalır.



2. UYGULAMA

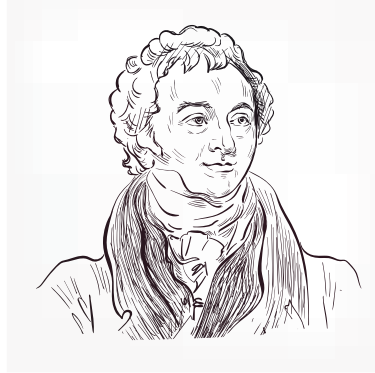
Derinliği her yerde aynı olan bir dalga leğeninde aynı anda çalışan noktasal K_1 ve K_2 kaynaklarından çıkan dalgaların oluşturduğu girişim deseni şekildedir.



Buna göre bu girişim deseniindeki A,B,C ve D noktalarının özelliklerini belirtiniz.

3.2 IŞIĞIN ÇİFT YARIKTA GİRİŞİMİ

Aynı anda titreşen noktasal iki kaynaktan çıkan su dalgaları bir noktada karşılaşıp girişim oluştururlar. Su dalgalarında görülen bu girişim olayı ışıktaki da görülebilir mi? Işığın sürati su dalgalarının süratinden çok büyük olduğundan iki ışık kaynağı ile bu deneyi gözlemlemek çok zordur. Işık dalgalarında girişim olayını ilk defa 1801 yılında Thomas Young (Tamis Yang) çift yarık deneyi ile keşfetti. (Resim 3.10)

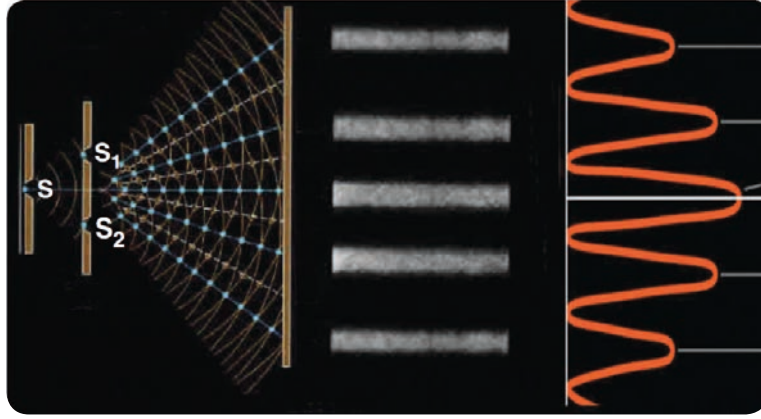


Resim 3.10 Thomas Young

Young yaptığı deneyle ışık ışınlarının girişim yaptığını ve ışığın dalga özelliğini açıklamıştır. Bu deneyde Young, birbirine çok yakın iki yarıktan geçen paralel ışık demetlerinin ekranda oluşturduğu girişimi gözlemledi. Eğer ışık, dalga değil de tanecik şeklinde davranıyorsa ekranda sadece iki aydınlık çizgi oluşacaktı ancak Young ışığın su dalgalarında olduğu gibi girişim olayı gerçekleşerek ekranda daha fazla çizgi olduğunu ifade etti.

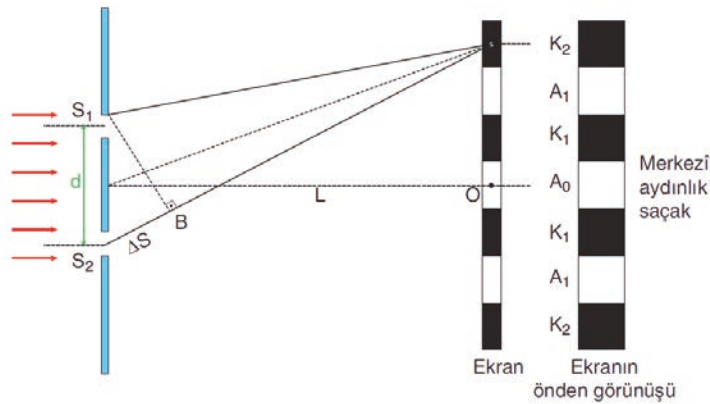
Young yaptığı deneyde karanlık bir ortamda paralel ışık demetlerinin aynı fazda olmasını sağlamak için ışınları tek yarıktan geçirmiştir. Kaynaktan çıkan ışınlar, aralarında çok az uzaklık bulunan S_1 ve S_2 yarıklarından çıkarak eş zamanlı çalışan kaynaklardan çıkan ışınlar gibi davranır. S_1 ve S_2 yarıklarında çıkan ışınların oluşturduğu girişim, su dalgalarının oluşturduğu girişim ile aynıdır.

Aynı anda çalıştırılan iki ışık kaynağı gibi davranan bu iki yarıktan geçen ışınlar ekranda aydınlık ve karanlık saçaklar oluşturur (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 Young Deneyi Çift yarıқта girişim

Işığın çift yarıқта yapılan girişim deneyinde, ekranda oluşan girişim deseninde ortada merkezî aydınlık saçak ve merkezî aydınlık saçak sağında ve solunda sırasıyla karanlık ve aydınlık saçaklar oluşur. Merkezî aydınlık saçak bulunduğu bölgede ışık ışınlarının genliği maksimum olduğundan merkezî aydınlık saçak diğerlerine göre daha parlaktır. Merkezî aydınlık saçaktan uzaklaştıkça genlik azalır ve parlaklık da azalır.(Şekil 3.11)



Şekil 3.11 Çift yarıқта girişim deseni

Fizik 7

Ekran üzerinde bir noktaya düşen ışınlar arasındaki yol farkı (ΔX), gelen ışığın dalga boyunun tam katları ise bu bölge aydınlık saçak üzerindedir. Su dalgalarında olduğu gibi $\Delta X = n\lambda$ şeklinde ifade edilir. Buradan bu noktanın kaçınıcı aydınlık saçak üzerinde olduğunu belirtir. Aynı şekilde ekran üzerindeki bir noktaya düşen ışınlar arasındaki yol farkı (ΔX), dalga boyunun $\frac{1}{2}$ katları ise bu nokta karanlık saçak üzerindedir. Bu durum $\Delta X = (n - \frac{1}{2})\lambda$ şeklinde ifade edilir.

3.2.1. Işığın Çift Yarıktaki Girişimine Etki Eden Değişkenler

Çift yarıktaki girişim olayında gelen ışığın rengi yani dalga boyu girişim desenini etkiler. Dalga boyu arttıkça girişim desenindeki saçak genişliği artar, dolayısıyla girişim saçak sayısı azalır. Buna göre, kırmızı ışığın dalga boyu mor ışığın dalga boyuna göre daha büyük olduğundan kırmızı ışıkla yapılan girişimde saçak sayısı mor ışığa göre daha az görülür (Şekil 3.12).



Şekil 3.12 a) Kırmızı ışıkla yapılan girişim deseni

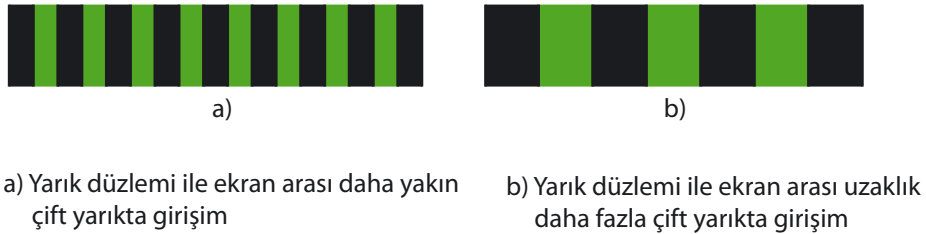
b) Mor ışıkla yapılan girişim deseni

Girişim olayında S_1 ve S_2 yarıkları arasındaki uzaklığın (d) değişmesi de girişim desenini etkiler. Yarıklar arası uzaklık artarsa ekranda oluşan saçak genişliği azalır. Böylece ekran üzerindeki saçak sayısı artar (Şekil 3.13).



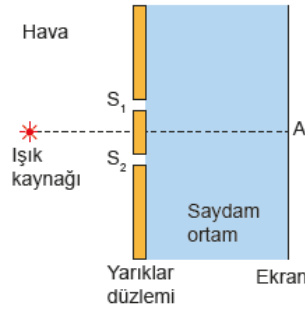
Şekil 3.13 Yarıklar arası uzaklığı farklı olan çift yarıktaki girişim

Işığın çift yarıktaki girişiminde yarıkların bulunduğu düzlem ile ekran arasındaki uzaklık (L) da girişim desenini etkiler. Yarıklar düzlemi ile ekran arası uzaklık artarsa saçak genişliği artar. Saçak genişliğinin artması saçak sayısının azalması demektir (Şekil 3.14).



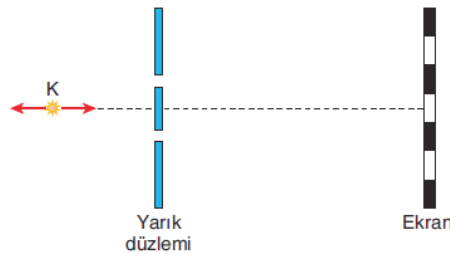
Şekil 3.14 Yarıklar düzlemi ile ekran uzaklığı farklı olan çift yarıktaki girişim

Yarık düzlemi ile ekran arası kırıcılık indisi havadan daha büyük saydam bir ortamla doldurulursa havadan saydam ortama gelen ışınların dalga boyu küçülür. Bu nedenle saçak genişliği azalır ve toplam saçak sayısı artar ancak merkezî aydınlık saçığın yeri değişmez (Şekil 3.15).



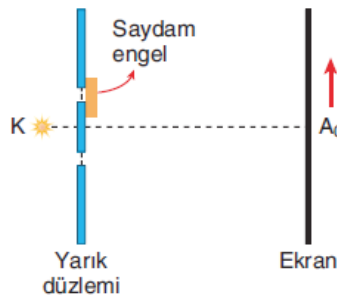
Şekil 3.15 Yarık düzlemi ile ekran arasına saydam ortam konulması

Işık kaynağının şiddeti artırılır veya ışık kaynağı yarık düzlemine doğru yaklaştırılırsa gelen ışığın şiddeti artacağından aydınlık saçakların parlaklığı artar. Saçak genişliğinde ve merkezî aydınlık saçığın yerinde bir değişiklik olmaz (Şekil 3.16).



Şekil 3.16 Işık kaynağının şiddeti veya yarık düzlemine uzaklığı saçak parlaklığını etkiler

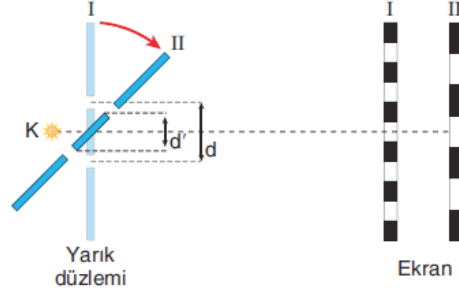
Işığın ortalama sürati havaya göre yoğunluğu fazla olan ortamda daha küçük olduğundan ekranda gecikme meydana gelir. Yarıklardan birinin önüne cam levha konduğunda, bu kaynakta gecikme olur. Bu nedenle merkezî aydınlık saçak ve diğer saçaklar gecikme olan tarafa doğru kayar. Eğer yarıkların her ikisinin önüne özdeş cam levha konulursa gecikme olmayacağından girişim saçaklarında bir değişiklik olmaz (Şekil 3.17).



Şekil 3.17 Yarıklardan birinin önüne cam levha konulursa girişim deseni kayar.

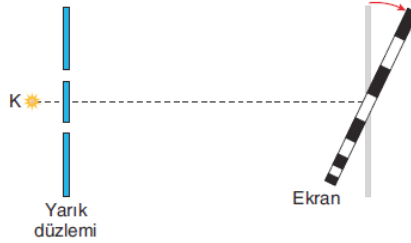
Fizik 7

Yarık düzlemi bir ucundan ekrana doğru döndürülürse yarıklar arasındaki dik uzaklık azalır ($d > d'$). Yarıklar arasındaki uzaklığın azalması saçak genişliğinin artmasına dolayısı ile saçak sayısının azalmasına neden olur. (Şekil 3.18)



Şekil 3.18 Yarık düzlemi ekrana doğru döndürüldüğünde oluşan saçak sayısı

Girişim deseninin oluştuğu ekran tam ortasından yarık düzlemine doğru döndürülürse farklı genişlikte saçaklar oluşur. Ekranın yarıklara yaklaşan bölümünde saçak genişliği azalırken uzaklaşan bölümünde saçak genişliği artar. Merkezî aydınlık saçığın yeri değişmez (Şekil 3.19).

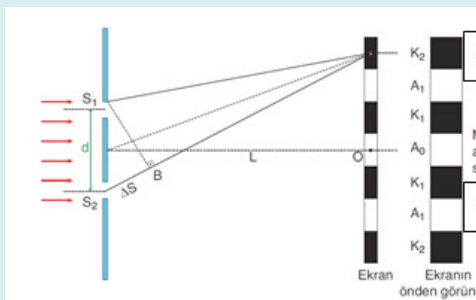


Şekil 3.19 Ekran tam ortadan döndürüldüğünde oluşan girişim saçakları



3. UYGULAMA

Dalga boyu λ olan tek renkli ışık kaynağının önüne yerleştirilen çift yarıklı bir engelin arkasındaki ekranda şekildeki gibi girişim deseni oluşmaktadır.



Ekranın ortasında oluşan aydınlık saçak sayısını artırmak için;

L, ekran ile yarıklar düzlemi (fant) arası uzaklık,

λ , gelen ışığın dalga boyu,

d, yarıklar arası uzaklık,

değerleri nasıl değiştirilmelidir?

3.3 IŞIĞIN TEK YARIKTA KIRINIMI

Su dalgaları dalga boyundan küçük dar bir aralıktan geçerken kırınımına uğrar. Işık ışınları da dar bir engelden geçerken kırınımına uğrar. 1678 yılında Hollandalı bilim insanı Christian Huygens (Kristiyan Haygens) dar bir yarıktan geçen ışığın doğrusal yolundan saptığını ve gölge olması beklenen yere girdiğini yani kırınımına uğradığını ifade etmiştir (Resim 3.11).



Resim 3.11 Christian Huygens

Işığın dar bir yarıktan geçtikten sonra geliş doğrultusundan uzaklaşmasına **kırınım** denir. Işığın kırınımı, ışığın dalga modelini açıklayan bir olaydır ve ışık dar bir aralıktan veya keskin bir kenardan geçtiğinde gözlemlenebilir. Resim 3.12’de tek renkli ışık kaynağı ile aydınlatılan jiletin etrafında aydınlık ve karanlık saçaklar oluşur. Bu saçakların oluştuğu görünüme **kırınım deseni** denir. Bu olay bize kenarları keskin cisimler aydınlatıldığında cisim ile aydınlık bölge arasında kesin bir sınırın olmadığını gösterir.

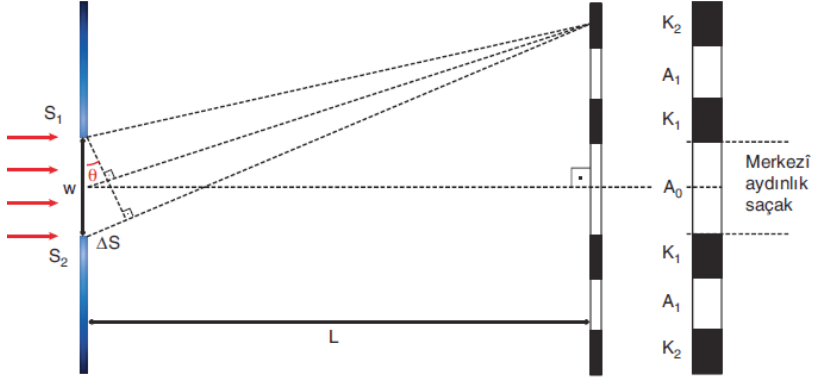


Resim 3.12 Jiletin etrafında ışığın kırınımı

Işık ışınları dar bir aralıktan geçerken su dalgaları gibi davranır ve yarığın kenarından geçerken bükülür. Yarığın kenarından geçen ışık her yöne dağılarak ekranda aydınlık ve karanlık bölgeler oluşturur. Ekran üzerinde oluşan desen ışığın çift yarıktaki girişimi gibidir ancak desenin merkezinde oluşan merkezi aydınlık saçak diğer saçaklara göre iki kat daha geniş ve daha parlaktır. Merkezî aydınlık saçığın her iki yanında karanlık ve

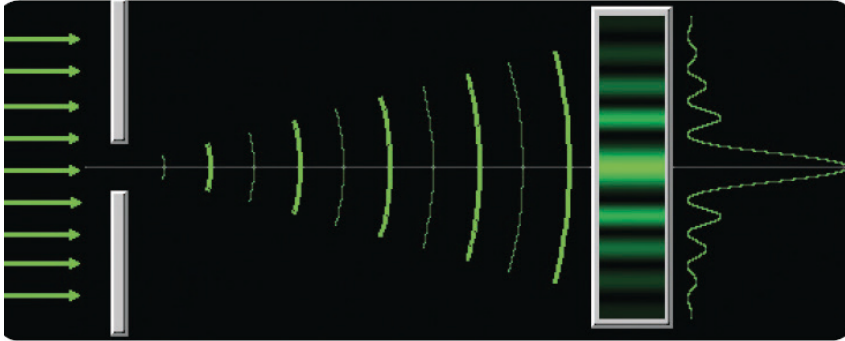
Fizik 7

aydınlık saçaklar görülür. Şekil 3.20'de ışığın tek yarıktaki kırınımı ile ekranda oluşan desen çizilmiştir. Yarığın üst noktası (S_1) ve alt noktası (S_2) arasında kalan her nokta ışık kaynağı gibi davranır.



Şekil 3.20 Işığın tek yarıktaki kırınımı

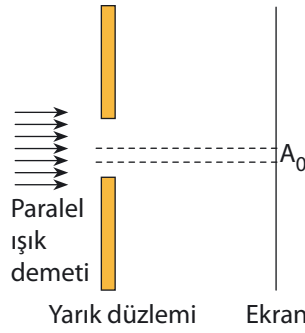
Merkezî aydınlık saçığın bulunduğu bölgede ışık en büyük genliğe sahiptir. Bundan dolayı merkezî aydınlık saçık diğer saçıklara göre daha parlaktır. Merkezî aydınlık saçaktan uzaklaştıkça dalga genliği azalır. Bunun sebebi aydınlık saçıkların ışık şiddeti merkezî aydınlık saçaktan uzaklaştıkça azalmasıdır. Şekil 3.21'de yeşil ışığın kırınımında oluşan aydınlık saçıkların parlaklığı ile genliği arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 3.21 Yeşil ışığın kırınım deseni

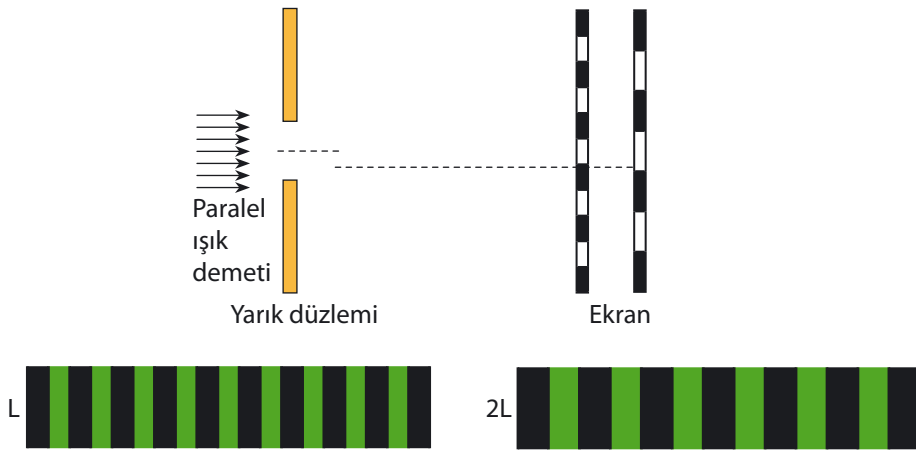
3.3.1. Işığın Tek Yarıktaki Kırınımına Etki Eden Değişkenler

Işığın tek yarıktaki kırınımı olayında yarığın genişliği (w) azaltılırsa saçık genişliği artar. Böylece ekranda oluşan saçık sayısı azalır (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 Tek yarıқта kırınımında yarık genişliğinin değiştirilmesi

Yarık düzlemi ile ekran arası uzaklık (L) artarsa saçak genişliği artar. Böylece ekranda oluşan saçak sayısı azalır. (Şekil 3.23)



Şekil 3.23 Tek yarıқта kırınımında ekran uzaklığı

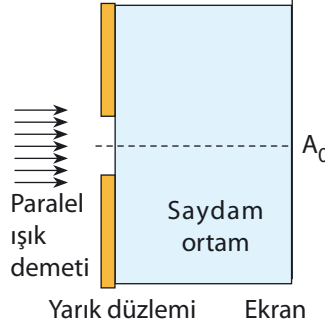
Tek yarıқта kırınım olayında kullanılan ışığın dalga boyu (λ) artarsa ekranda oluşan saçak genişliği artar ve saçak sayısı azalır. Kırmızı ışığın dalga boyu yeşil ışığın dalga boyundan büyük olduğunda aynı ortamda oluşturulan kırınımında yeşil ışığın saçak sayısı kırmızı ışığın saçak sayısında fazla görülür (Şekil 3.24).



Şekil 3.24 Kırmızı ve yeşil ışıkla yapılan kırınımın görünümü

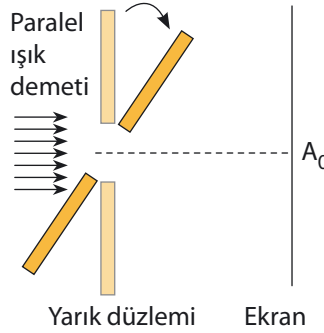
Fizik 7

Yarık düzlemi ile ekran arasında kırıcılık indisi havadan daha büyük olan saydam bir ortam konulursa ışığın dalga boyu azalır. Bu durumda ekranda oluşan saçak genişliği azalır ancak merkezî aydınlık saçığın yeri değişmez(Şekil 3.25).



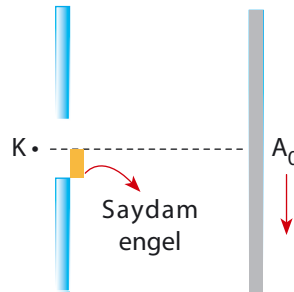
Şekil 3.25 Yarık düzlemi ile ekran arasında saydam ortam konulması

Yarık düzlemi ekrana doğru döndürüldüğünde yarık genişliği (w) küçülür. Böylece saçak genişliği artar ve ekranda oluşan saçak sayısı azalır. Merkezî aydınlık saçığın yeri değişmez (Şekil 3.26).



Şekil 3.26 Yarık düzleminin döndürülmesi

Yarığın bir kısmı kırıcılık indisi daha büyük saydam maddeyle kapatıldığında, saydam cisimden geçen ışınlar geç kalacağından ekranda oluşan kırınım deseni kapatılan tarafa doğru kayar ancak saçak genişliği değişmez (Şekil 3.27).



Şekil 3.27 Yarığın bir kısmı saydam cisimle kapatıldığında



4. UYGULAMA

İşığın tek yarıkla yapılan kırınım deneyinde gelen ışığın dalga boyu aynı kalmak şartıyla,

- I. Gelen ışığın şiddetini artırma,
- II. Ekran ile yarık düzlemi (fant) arasına cam levha koyma,
- III. Yarık genişliğini artırma,

işlemlerinden hangileri tek başına yapılırsa ekranda oluşan aydınlık saçığın genişliği azalır?

3.4 IŞIĞIN DOĞASI

Bilim insanları ışığın yapısı ve davranışı hakkında birçok çalışmalar yapmıştır. Newton ışığın parçacık şeklinde davrandığını savunarak parçacık teorisini açıklayan bilim insanlarından biridir. Newton tanecik teorisine göre kaynaktan ışınların göze girerek görme olayının gerçekleştiğini açıklıyordu. Ayrıca ışığın yansıması ve kırılma olaylarının da tanecik teorisıyla açıklandığını belirtti. Newton ile aynı zamanda yaşayan İtalyan bilim insanı Francesco Maria Grimaldi (Françesko Mariya Grimaldi, Resim 3.13) bilim dünyasını hayrete düşüren bir çalışma yaptı. Grimaldi yaptığı çalışmada ışığın kırınımına uğradığını keşfetti.



Resim 3.13 Francesco Maria Grimaldi

Huygens, aynı yıllarda bu açıklamayı destekler biçimde ışığın tanecik şeklinde değil dalgalar şeklinde yayıldığını söyleyerek ışığın dalga teorisini ortaya attı ancak bu teori hemen kabul görmedi çünkü ışık su dalgaları gibi dalgalar şeklinde yayılmış olsaydı engelden geçerken köşelerden bükülecek ve böylece engelin köşelerinin arka tarafını görebilecektik. Bu düşünce bilim insanları tarafından tartışma konusu olmuştur. Huygens, yaptığı çalışmalarla ışığın su dalgaları gibi davrandığını modellerle açıklamıştır.

1806 yılında Thomas Young yaptığı deneyle ışığın su dalgalarında olduğu gibi girişim yaptığını ispatlamıştır. Deneyde dalgaların birbirini sönmüleyerek bazı noktaların karanlık, bazı noktalarda ise birbirini kuvvetlendirerek aydınlık bölgeler oluştuğunu açıklamıştır. Bu açıklamalara göre, kırınım ve girişim olayı ışığın dalga

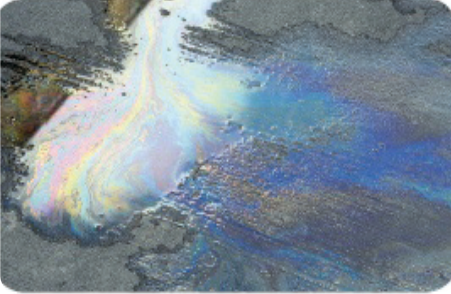
özelliğini açıklayan olaylardır ancak bu olaylar ışığın sadece dalga özelliğinin olduğunu göstermez.

Fizik 7

Gökkuşağının oluşumu ışığın dalga doğası ile açıklanan eşsiz doğa olaylarından biridir. Güneş ışınlarının yağmur damlaları tarafından kırılması sonucu ışığın girişimi ile oluşur. Küçük su damlalarına gelen ışık ışınları yansıma ve kırılmalar sonucu girişime uğrayarak prizmada olduğu gibi renklerine ayrılır (Resim 3.14).



Resim 3.14 Gökkuşağında girişim



Resim 3.15 Benzin ve yağ tabakası üzerindeki girişim

Su birikintisi üzerine dökülen yağ veya benzin tabakasında oluşan renklenmeler de ışığın girişimi sonucu oluşur (Resim 3.15).

Sabun köpüğü üzerine düşen ışık girişime uğrayarak olağanüstü güzel renkler oluşur. Küresel yüzeye sahip sabun köpüğünün yüzeyine gelen ışınlar kırılma ve yansıma yaparak girişim meydana gelir. Böylece sabun köpüğünde oluşan rengârenk görünüm ışığın dalga doğası ile açıklanır (Resim 3.16).



Resim 3.16 Sabun köpüğünde oluşan renklenme



Resim 3.17 Tavus kuşunun kanadında ışığın kırınımı ve girişimi

Tavus kuşu kanatlarını açtığı anda kanatlarında hayranlık bırakan renklenmeler görülür. Bu renkleri görmemiz yine ışığın kanatlar üzerinde yansıma, girişim ve kırınımına uğramasıdır. Tavus kuşunun kanadındaki renklenme bakış açımıza göre değişir. Aynı durum ördeklerin ve bazı kelebeklerin tüylerindeki renklenme için de geçerlidir (Resim 3.17).

Güneşli günlerde gözlerimizi ışığın zararlı ışınlarından korumak için polarize güneş gözlüğü takarız. Gelen ışığın kırınımı ve girişimi için gözlük yüzeyi ince saydam bir tabaka ile kaplanır. Polarize güneş gözlüklerinde de kırınım ve girişim ışığın dalga doğası ile açıklanır.



5. UYGULAMA

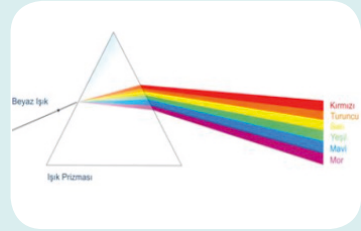
Resimde verilen hareketlerden, basit harmonik harekete örnek olanların altındaki kutucuğu işaretleyiniz.



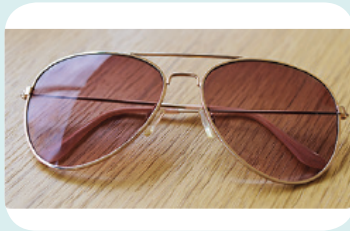
Fotoğraf makinesi merceği



CD (Bilgisayar Diski)



Işık prizması



Güneş Gözlüğü

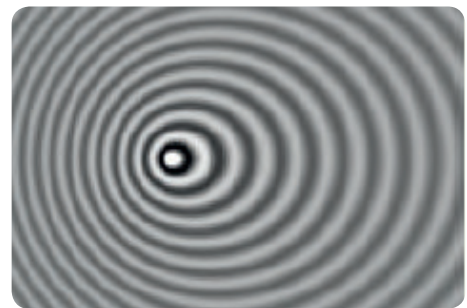


Yanan Mum

3.5 DOPPLER OLAYI

Dalga kaynakları belirli frekanslarda dalgalar üretir. Ortamın cinsine göre dalga boyu değişir. Ayrıca dalga kaynağının hareketi de dalga boyunu etkiler. Su dolu dalga leğeninde dalga kaynağının sola doğru hareketinde oluşan dalgalar Resim 3.18'de görülmektedir.

Su, ses ve ışık dalgalarında gözlenen frekanslar, dalga kaynağının ve gözlemcinin hareketine göre farklı algılanır. Dalga kaynağı ve dalga hareketini gözlemleyen gözlemci arasındaki bağıl hareketi sonucu oluşan dalga frekansındaki değişime **Doppler Olayı** denir. Bu olay ilk defa 1842 yılında Avusturyalı bilim insanı Christian Doppler (Kristin Doppler) (Resim 3.19) açıklanmıştır.



Resim 3.18 Su dolu dalga leğeninde kaynağın hareketiyle oluşan dalgalar

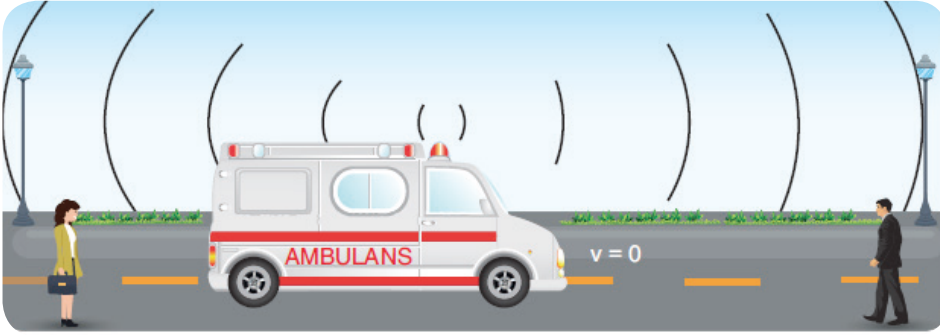
Fizik 7



Resim 3.19 Christian Andreas Doppler

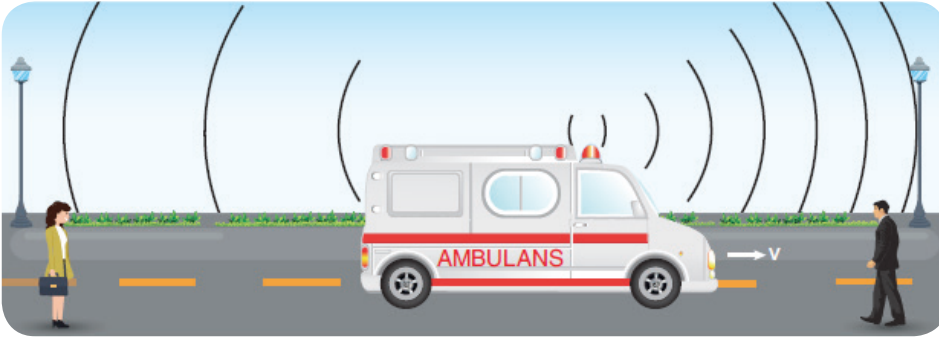
Yanımızdan siren çalarak geçen bir ambulansın siren sesini, ambulans bize doğru yaklaşırken ve bizden uzaklaşırken farklı algılarız. Ambulans bize yaklaşırken sesini daha ince, bizden uzaklaşırken sesini daha kalın duyarız. Buna göre ses kaynağı gözlemciye yaklaşırken duyduğu sesin frekansı, kaynağın durgun hâldeyken ses frekansından daha yüksektir. Ses kaynağı gözlemciden uzaklaşıyorsa duyulan sesin frekansı daha düşüktür. Bu durum Doppler Olayı ile açıklanabilir. Doppler Olayı diğer dalga kaynakları için de geçerlidir.

Duran bir ambulansın sireneninden çıkan sesin frekansı, tüm doğrultularda aynı frekans değerine sahip ses dalgalarıdır. Ambulansın etrafında bulunanlar aynı frekansa sahip sesleri duyarlar (Şekil 3.28).



Şekil 3.28 Duran bir ambulansın siren sesi dalgaları

Ambulans hareket ettiğinde yine aynı frekansta ses dalgaları yayar. Ambulansın gidiş yönünde sirenden yayılan sesin hızı değişmezken gözlemci daha büyük frekansta ses duyar. Böylece gözlemci ambulansın yaydığı sestten daha ince bir ses işitir. Ambulans gözlemciden uzaklaştıkça ses kaynağı da uzaklaşır. Bu durumda gözlemciye ulaşan sesin frekansı daha küçük olur. Gözlemci ambulansın yaydığı sestten daha kalın bir ses işitir (Şekil 3.29).



Şekil 3.29 Ses kaynağının hareketli olduğu durumlar

Doppler Olayı kaynağın hareketsiz gözlemcinin hareketli olduğu durumlarda da geçerlidir. Gözlemci hareketsiz ses kaynağına yaklaşırken birim zamanda işittiği ses dalgaları sayısı artar. Gözlemcinin işittiği sesin frekansı kaynağın frekansından daha büyük olacağından gözlemci kaynağın yaydığı sestten daha ince bir ses işitir. Gözlemci ses kaynağından uzaklaşırken birim zamanda işittiği ses dalgaları sayısı azalır. Gözlemcinin işittiği sesin frekansı kaynağın frekansından küçüktür. Bu durumda gözlemci kaynağın yaydığı sestten daha kalın ses işitir.

Doppler Olayı kaynağın ve gözlemcinin hareketli olduğu durumlarda da gözlenir. Kaynak ve gözlemci birbirine yaklaşıyorsa işitilen sesin frekansı durgun hâldekinden büyük olacağından daha ince ses işitir. Kaynak ve gözlemci birbirinden uzaklaşıyorsa işitilen sesin frekansı küçüldüğünden daha kalın işitir. Kaynağın frekansı ile işitilen sesin frekansının farklı olması ortama göre de değişebilir. Bu nedenle rüzgârlı havalarda aynı kaynağın sesini diğer zamanlardan daha farklı duyarız.

Astronomi ve uzay araştırmalarında gök cisimlerinin konumları, evrenin genişlediği düşüncesi ve evrenin oluşumu Doppler Olayı ile açıklanmaktadır. Galaksilerden gelen ışık tayfının kırmızıya kayması, ışığın frekansının azaldığını ve galaksinin uzaklaştığını Doppler Olayı ile açıklayabiliriz.



Resim 3.20 Radarla hız kontrolü

Kara yollarında araçların hızını tespit etmek için trafik polislerinin kullandığı radar cihazı da Doppler Olayından yararlanılarak yapılmıştır. Radar cihazından gönderilen elektromanyetik dalganın frekansı ile araçtan yansıyan dalganın frekansındaki değişim aracın hız sınırını aşmış olduğunu belirtir (Resim 3.20).

Doppler Olayı, ses dalgalarında ses kaynağının sesin havadaki süratinden fazla olduğu durumlar da geçerlidir. Süpersonik uçaklar olarak adlandırılan uçakların sürati, sesin havadaki süratini aştığında şok dalgaları oluşur. Üst üste binen ses dalgaları hava moleküllerini titreştirerek çok şiddetli bir patlamaya sebep olur (Resim 3.21).



Resim 3.21 Ses duvarını aşan uçakta sonik patlama

Fizik 7

Günümüzde, Doppler Olayından sağlık alanında da yararlanılmaktadır. Vücudumuzun daha ayrıntılı görüntülerinin alınması için yapılan Doppler cihazı, böbrek taşının ses dalgalarıyla kırılmasını sağlayan cihazlar, denizin derinliklerini görüntüleyen sonar cihazı Doppler Olayından yararlanılarak yapılmıştır (Resim 3.22).



Resim 3.22 Doppler Cihazı

3.6 ELEKTROMANYETİK DALGALAR

Ses ve su dalgalarının yayılabilmesi için bir ortama ihtiyaç vardır. Bu dalgalara **mekanik dalgalar** denir. Mekanik dalgalar bir ortamın denge durumunun bozulmasıyla ortaya çıkar. Radyo dalgaları ve ışığın yayılabilmesi için maddesel ortama ihtiyaç yoktur. Bu tür dalgalara **elektromanyetik dalgalar** denir. Elektromanyetik dalgalar havada, suda ve boşlukta yayılabilir. Elektromanyetik dalgalar yaşamımızın her alanında bulunur. Televizyonlar, cep telefonları, mikrodalga fırınlar elektromanyetik dalgalarla çalışır. Hatta ışık bir elektromanyetik dalgadır.

Işığın nasıl davrandığı ile ilgili bilim insanları birçok araştırmalar yapmıştır. Bu çalışmaların en önemlisi elektromanyetik teorenin kurucusu olarak da bilinen James Clerk Maxwell (Ceymis Kilerk Maksvel, 1831-1879 Resim 3.23) tarafından yapılmıştır. Maxwell bu teoriyi kendisine ait dört denklemle açıklamıştır. Maxwell Denklemleri olarak bilinen bu teori elektromanyetizmanın temelini oluşturur. Maxwell değişen elektrik alanın manyetik alan, değişen manyetik alanın da elektrik alan oluşturduğunu açıklamıştır. Bu alan değişimlerinin de elektromanyetik dalgayı oluşturduğunu söylemiştir.



Resim 3.23 James Clark Maxwell

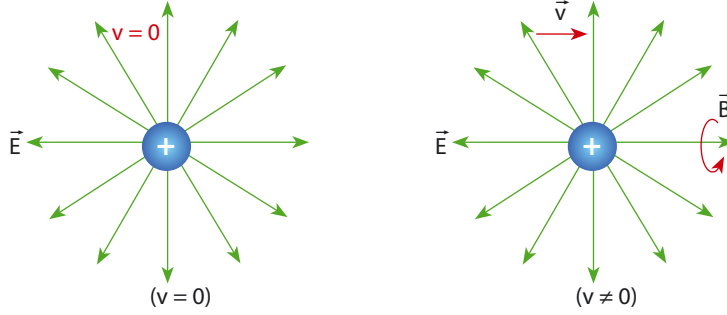


6. UYGULAMA

Siren çalarak kendisine doğru yaklaşmakta olan bir ambulansın siren sesini ambulansa doğru hızla yaklaşan bir motosikletli, ambulans kendisine yaklaşıncaya kadar nasıl işitir? Açıklayınız.

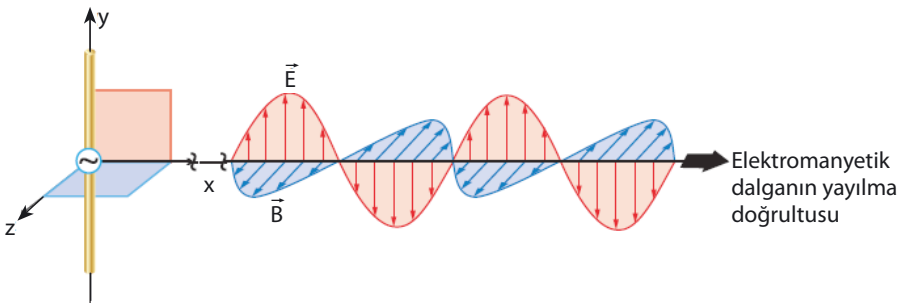
3.6.1 Elektromanyetik Dalgaların Özellikleri

Elektrik yükleri, elektrik ve manyetik alanın kaynağını oluşturur. Sabit ve hareketsiz bir yükün etrafında sadece elektrik alanı oluşur ancak yük sabit hızla hareket ediyorsa çevresinde hem elektrik hem de manyetik alan oluşur. Yük sabit hızla hareket ettiğinden elektrik ve manyetik alanın büyüklüğü değişmediğinden elektromanyetik alan oluşmaz (Şekil 3.30).



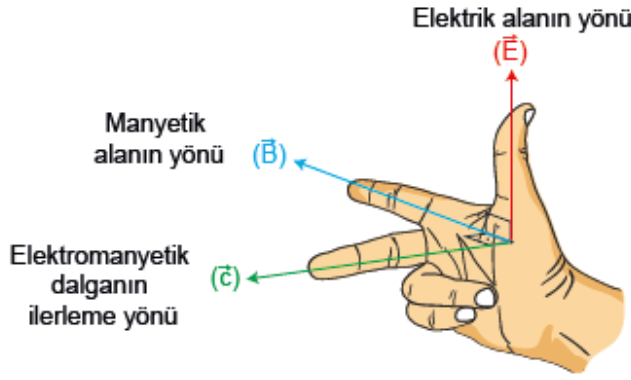
Şekil 3.30 Yüklü parçacığın etrafında oluşan elektrik ve manyetik alanlar

Yüklü parçacıklar ivmeli hareket ederse uzayda sonsuza kadar yayılan ve birbirini dönüşümlü olarak oluşturan elektrik ve manyetik alan değişimi oluşur. Işık hızıyla yayılan ve bu alan değişimlerinin oluşturduğu dalgaya **elektromanyetik dalga** denir. Elektromanyetik dalgalarda elektrik alan ve manyetik alan bileşenleri ile bunların yayılma doğrultuları birbirine diktir. Birbirine dik olan bu alanların yayılma doğrultuları da titreşim doğrultusuna dik, birlikte hareket ederek elektromanyetik dalgayı oluşturur (Şekil 3.31). Elektrik ve manyetik alanlar ile bunların yayılma doğrultusunun dik olması enine dalgalar olduğunu gösterir. Elektrik ve manyetik alanlar birbirini ürettikleri için ortama bağlı kalmadan uzayda en uzak noktalara kadar yayılabilir.



Şekil 3.31 Elektromanyetik dalga ve bileşenleri

Elektromanyetik dalgaların alan doğrultusu yayılma doğrultusu sağ el kuralı ile bulunur. Sağ elin başparmağı, işaret parmağı ve orta parmak birbirine dik olacak şekilde açılır. Başparmak elektrik alanın, işaret parmağı manyetik alanın yönünü gösterirken bunlara dik olan orta parmak ışık hızıyla yayılan elektromanyetik dalganın yayılma yönünü gösterir (Şekil 3.32).



Şekil 3.32 Sağ el kuralı

Yüklerin ivmeli hareketleri sonucu oluşan elektromanyetik dalgalar yayıldığında anten gibi bir alıcı yardımıyla alınabilir. Elektromanyetik dalganın alıcı tarafından alınabilmesi için antenin, dalgaların yayılma doğrultusu ile aynı doğrultuda olması gerekir. Elektromanyetik dalgaların enerjileri frekanslarına göre değişir. Bundan dolayı her alıcının elektromanyetik dalgayı yakalama frekansı farklıdır. Örneğin x-ışınları yüksek frekanslı dedektörlerle, radyo dalgaları ise düşük frekanslı alıcılara yakalanır.

Elektromanyetik dalgalar Maxwell'in ölümünden sonra ilk defa Henrich Hertz (Henrik Hertz) tarafından deneysel olarak keşfedildi (Resim 3.24). Herz, yaptığı deneyle elektromanyetik dalgaların yansıma, kırılma, kırınım ve girişim gibi özellikleri gösterdiğini ispatladı.



Resim 3.24 Henrich Hertz

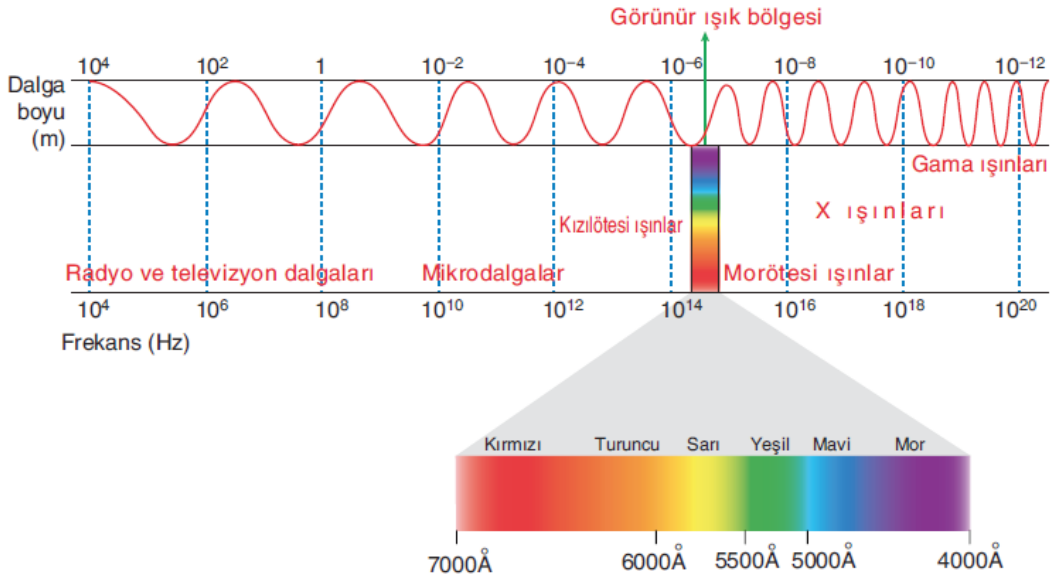
Elektromanyetik Dalgaların Özellikleri:

1. Elektromanyetik dalgalar elektrik yüklerinin ivmeli hareketleri sonucu oluşur.
2. Elektromanyetik dalgalar ışık hızı ile doğrusal olarak yayılır.
3. Elektromanyetik dalgaların titreşim doğrultusu ile yayılma doğrultusu birbirine dik olduğundan enine dalgalardır.
4. Elektromanyetik dalgayı oluşturan elektrik alanının büyüklüğü ile manyetik alanın büyüklüğü oranı sabit ve ışık hızına eşittir. Bu eşitlik, $\frac{E}{B} = c$ şeklinde ifade edilir. ($c =$ ışık hızı)
5. Elektromanyetik dalgalar enerji taşır ve bu enerjiyi soğuran yüzeyler ısınır.
6. Elektromanyetik dalgaların enerjileri dalga boyu ile ters, frekansları ile doğru orantılıdır.
7. Elektrik ve manyetik alandan etkilenmez.

8. Yansıma, kırılma, girişim ve kırınım gibi mekanik dalga olaylarını gerçekleştirebilir.
9. Elektromanyetik dalgalar kutuplanma (polarizasyon) özelliğine sahiptir.
10. Elektromanyetik dalgaların yayılması için bir ortama gerek yoktur. Boşlukta da yayılabilir.

3.6.2 Elektromanyetik Spektrum

Elektromanyetik dalgalar yaydıkları ışığın frekansına ve dalga boyuna göre sınıflandırılır. Elektromanyetik dalgalar görünür ışıktan başka morötesi ışınlar, radyo dalgaları, mikro dalgalar, x-ışınları, kızılötesi ışınlar ve gama ışınlarıdır. Elektromanyetik dalgaların frekanslarına ve dalga boylarına göre sıralandığı çizelgeye **elektromanyetik dalga spektrumu** denir (Şekil 3.33). Elektromanyetik tayf olarak da bilinen bu çizelgede kesin sınırlar yoktur.



Şekil 3.33 Elektromanyetik spektrum

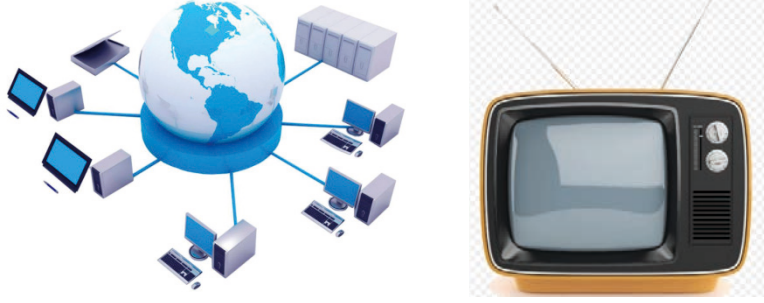
Elektromanyetik spektrum çizelgesinde soldan sağa doğru ışınların dalga boyu küçülürken enerji ve frekans değerleri artar. Görünür ışık bölgesi spektrum çizelgesinin çok küçük bir bölümünü oluşturur.

Radyo Dalgaları

Radyo ve televizyon dalgaları spektrumun en uzun dalga boyuna sahip elektromanyetik dalgalarıdır. Dalga boyları 1 km ile 0,1 m arasındadır. Atmosferdeki iyonosfer tabakasından yansır ve beton duvardan dahi geçebilir.

Fizik 7

Radyo, televizyon ve İnternet vericilerinden yayılan bu dalgalar haberleşme uyduları ile yansıtılır. Uydudan yansıyan dalgalar, cihazların anten alıcıları tarafından toplanır. Cihazlar tarafından alınan bu dalgalar ses veya görüntüye dönüştürülür (Resim 3.25). Cep telefonlarında ise dalga boyun daha küçük radyo dalgaları baz istasyonları tarafından yansıtılarak iletişim sağlanır (Resim 3.26).



Resim 3.25 İnternet ve televizyonda elektromanyetik dalgalar



Resim 3.26 Cep telefonu ve iletişim

Radyo dalgaları uzay araştırmalarında da kullanılır. Uzaydaki yıldızlar ve galaksilerden yayılan farklı frekanstaki ışığın bazıları spektrumdaki radyo dalgalarına karşılık gelir. Bu dalgalar uzay istasyonlarındaki radyo teleskoplarıyla alınır. Elde edilen bilgiler bu gök cisimleri hakkında yeni bilgiler edinmemizi sağlar.

Mikrodalgalar

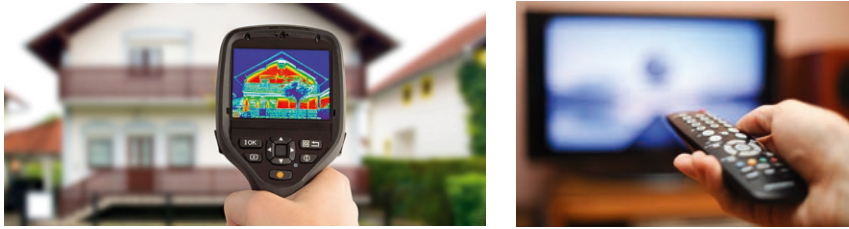
Mikrodalgalar, radyo dalgaları gibi iletken tel üzerindeki yüklü parçacıkların ivmeli hareketleriyle oluşur. Dalga boyları 0,3 m ile 1 mm arasındadır. Dalga boyları radyo dalgalarına yakın olanları mikrodalga fırınlarda yiyeceklerin ısıtılmasında kullanılır. Daha küçük dalga boyda olanları ise uçakların iniş kalkışını takip etmede, atom ve moleküllerin yapısını incelemeye kullanılır. Mikrodalgalar günümüzde araçların otoyollarda süratlerini düzenlemek için radar sisteminde de kullanılır (Resim 3.27).



Resim 3.27 Mikrodalgaların kullanım alanları

Kızılötesi Işıklar

Kızılötesi dalgalar sıcak cisimlerden yayılırlar. Dalga boyları 1mm ile 7.10-7 m arasında değişen bu dalgalara **infrared dalgalar** da denir. Canlılarda hastalıklı organların yaydığı kızılötesi ışınların dalga boyu farklı olduğundan tıp alanında kanser gibi bazı hastalıkların teşhisinde kullanılır. Cisimlerden yayılan kızılötesi ışınlar termal kameralarla algılanarak güvenlik kameralarında görüntü elde etmek için ve televizyon kumandalarında kullanılır (Resim 3.28).



Resim 3.28 Termal kamera ve uzaktan kumanda

Görünür Işık

İnsan gözünün görebildiği elektromanyetik dalga bölgesidir. Dalga boyu 7.10-7 ile 4.10-7 m arasında olan ve gökkuşağını oluşturan renklerin bulunduğu görebildiğimiz bölgedir. Güneş gibi çok sıcak cisimlerden yayılır, saydam olmayan cisimler de bu ışığı yansıttığında görünür hâle gelir (Resim 3.29).



Resim 3.29 Görünür bölge ışınları

Morötesi Işıklar

Morötesi ışınların dalga boyları 4.10^{-7} ile 6.10^{-10} arasındadır. **Ultraviyole ışınlar** olarak da bilinir. Mor ötesi dalgaların kaynağı genellikle Güneş'tir. Yüksek enerjili olduklarından cilde zarar verirler ve cilt kanserine bile sebep olurlar. Güneş'ten gelen ultraviyole ışınların büyük bir kısmı atmosferdeki ozon tabakası tarafından soğurulur. Mor ötesi ışınlar yıldızların ve galaksilerin özellikleri hakkında bilgi verir. Ameliyathanelerde ve diş kliniklerinde kullanılan malzemelerin mikroplardan arındırılması yani dezenfeksiyonu için kullanılır (Resim 3.30).



Resim 3.30 Dezenfeksiyon cihazı

X- Işıkları

Yüksek hızlı elektronların metal levhaya çarptırılıp durdurulmasıyla veya atomdaki elektronların farklı enerji seviyelerine geçişleriyle oluşur. Dalga boyları 10 nm ile 0,01 nm arasındadır. Yüksek enerji taşıdıklarından canlı hücrelerine zarar verir. X-ışınları ilk defa Alman fizikçi Wilhelm Röntgen tarafından keşfedilmiştir. Röntgen ışınları veya X-ışınları tıpta teşhis ve tedavi amaçlı kullanılır. Röntgen ve bilgisayarlı tomografi cihazlarında vücudun bir kesitinin görüntüsü elde edilir (Resim 3.31). X- ışınları bazı kanserli hücrelerin tedavisinde de kullanılır.



Resim 3.31 Bilgisayarlı tomografi cihazı ve röntgen

X-ışınları güvenlik kontrol merkezlerinde, hava alanı girişlerinde çanta valiz gibi eşyaların kontrolü için X-cihazlarında kullanılır. Ayrıca X-ışınları binaların depreme dayanıklılığı, döküm kaynaklarının sağlamlığının kontrolünde de kullanılır.

Gama Işınları

Bazı radyoaktif çekirdekler tarafından nükleer tepkimeyle yayılan elektromanyetik dalgadır. Dalga boyları 10^{-10} ile 10^{-14} m arasında elektromanyetik spektrumun en küçük dalga boyuna sahip dalgalardır. Gama ışınları taşıdığı yüksek enerjiden dolayı canlı hücrelere zarar verir. Gama ışınlarının olduğu yerlerde radyasyon uyarı levhaları bulunur. Tıpta kanserli hücrelerin yok edilmesinde ve astronomide gezegenlerin özelliklerini tespit etmede kullanılır.



7. UYGULAMA

Aşağıdaki araçlardan elektromanyetik dalga yayanları tespit ederek yanındaki kutucukları işaretleyiniz.



ÖZET

DALGA MEKANİĞİ

1. BÖLÜM : DALGALARDA GİRİŞİM, KIRINIM VE DOPPLER OLAYI

Su dalgalarının, ilerleme doğrultusu üzerinde genişliği dalga boyuna göre daha dar olan yarıklardan geçerken doğrultu değiştirerek dairesel şekilde yayılmasına kırınım denir. Kırınım olayı su yüzeyinde kenarları keskin olan engelde de görülebilir. Kırınım olayının gözlenebilmesi için gelen dalgaların dalga boyunun (λ), engeller arasındaki genişlikten (w) büyük veya eşit olmalıdır.

Dalgalar yayılırken birbiri içinden geçerler ve bu geçiş sırasında birbirini ya kuvvetlendirerek en büyük genlikle ya da birbirini söndürerek en küçük genlikle titreşir. Dalgaların yayılırken birbiri içinden geçmesine girişim denir. Dalgaların girişim oluşturduğu bu desene de girişim deseni denir. Bir dalga tepesi ile diğer kaynaktan gelen dalga çukurunun karşılaştığı hareketsiz noktaya düğüm noktası denir. Her iki kaynaktan çıkan dalga tepelerinin veya dalga çukurlarının aynı anda karşılaştığı noktaya ise karın noktası denir. Girişim deseninde düğüm noktalarının birleştirilmesiyle oluşan çizgiye düğüm çizgisi, karın noktalarının birleştirilmesiyle oluşan çizgiye ise dalga katarı denir.

Işıқта girişim olayını ilk defa Thomas YOUNG yaptığı deney ile gerçekleştirmiştir. Young, yaptığı deneyde paralel ışık demetini tek yarıktan geçirmiştir. Yarıklardan çıkan ışınlar su dalgalarında olduğu gibi girişim oluşturarak ekranda merkezi aydınlık saçığın sağında ve solunda aydınlık ve karanlık saçak oluşturur.

Işığın çift yarıқта girişimine, gelen ışığın rengi veya dalga boyu etkiler. Gelen ışığın dalga boyu arttıkça saçak genişliği artar ve saçak sayısı azalır.

Yarıklar arası uzaklık artarsa ekranda oluşan saçak genişliği azalır ve saçak sayısı artar. Yarık düzlemi ile ekran arası uzaklık artarsa saçak genişliği artar.

Yarık düzlemi ile ekran arasına kırıcılık indisine havanın kırıcılık indisinden büyük saydam ortam konulduğunda saçak genişliği azalır.

Yarık düzlemi bir ucundan ekrana doğru döndürülürse farklı genişlikte saçaklar oluşur.

Gelen ışığın şiddetini değişmesi saçak sayısını değiştirmez, ancak saçakların parlaklığını değiştirir. Işık kaynağının yarıklar düzlemine yaklaştırılıp uzaklaştırılması da saçak genişliğini değiştirmez.

Işığın tek yarıқта kırınımının çift yarıktan farkı sadece merkezi aydınlık saçığın genişliğinin diğer saçak genişliğinden iki kat fazla olmasıdır. Merkezi aydınlık saçak diğer saçaklara göre daha parlaktır. Işığın tek yarıқта kırınımı olayında, yarık genişliği azaltılırsa saçak genişliği artar. Ekranda oluşan saçak sayısı azalır.

Gelen ışığın dalga boyu artarsa saçak sayısı azalır. Yarık düzlemi ile ekran arasına kırıcılık indisi daha büyük saydam ortam konulduğunda saçak genişliği azalır ancak merkezi aydınlık saçığın yeri değişmez.

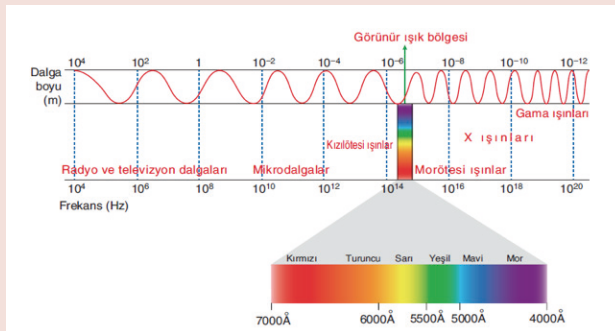
Su, ses ve ışık dalgalarında gözlenen frekanslar, dalga kaynağının ve gözlemcinin hareketine göre farklı algılanır. Dalga kaynağı ve dalga hareketini gözlemleyen gözlemci arasındaki bağımlı hareketi sonucu oluşan dalga frekansındaki değişime Doppler Olayı denir. Gözlemci hareketsiz ses kaynağına yaklaşıırken birim zamanda işittiği ses dalgaları sayısı artar. Gözlemcinin işittiği sesin frekansı, kaynağın frekansından daha büyük olacağından gözlemci kaynağın yaydığı sestten daha ince bir ses işitir. Doppler Olayı, kaynağın ve gözlemcinin hareketli olduğu durumlarda da gözlenir. Kaynak ve gözlemci birbirine yaklaşıyorsa işitilen sesin frekansı durgun hâledekenden büyük olacağından daha ince ses işitir.

2. BÖLÜM: ELEKTROMANYETİK DALGALAR

Radyo dalgaları ve ışığın yayılabilmesi için maddesel ortama ihtiyaç yoktur. Bu tür dalgalara elektromanyetik dalgalar denir. Elektromanyetik dalgalar havada, suda ve boşlukta yayılabilir. Yüklü parçacıklar ivmeli hareket ederse uzayda sonsuza kadar yayılan ve birbirini dönüşümlü olarak oluşturan elektrik ve manyetik alan değişimi oluşur. Işık hızıyla yayılan ve bu alan değişimlerinin oluşturduğu dalga elektromanyetik dalgadır. Elektromanyetik dalgalarda elektrik alan ve manyetik alan bileşenleri ile bunların yayılma doğrultuları birbirine diktir.

Elektromanyetik Dalgaların Özellikleri:

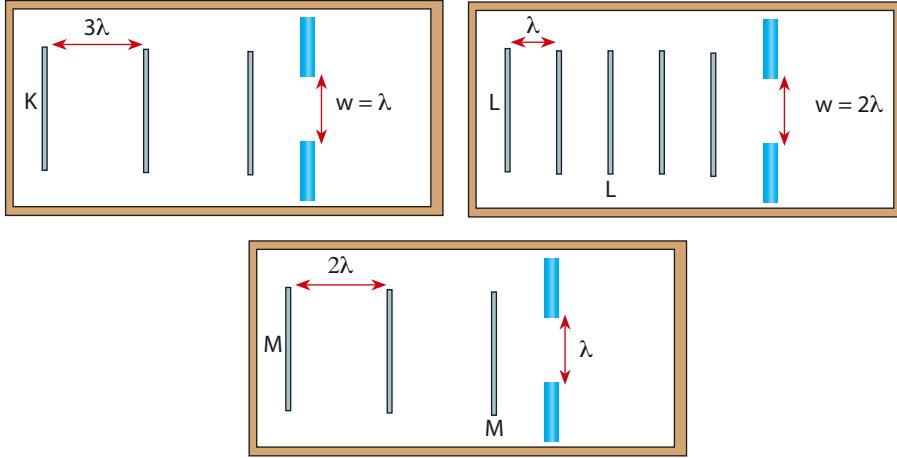
1. Elektromanyetik dalgalar elektrik yüklerinin ivmeli hareketleri sonucu oluşur, ışık hızı ile doğrusal olarak yayılır.
2. Elektromanyetik dalgaların titreşim doğrultusu ile yayılma doğrultusu birbirine dik olduğundan enine dalgalardır.
3. Elektromanyetik dalgayı oluşturan elektrik alanın büyüklüğü ile manyetik alanın büyüklüğü oranı sabit ve ışık hızına eşittir. Bu eşitlik, $\frac{E}{B} = c$ şeklinde ifade edilir. (c = ışık hızı)
4. Elektromanyetik dalgalar enerji taşır ve bu enerjiyi soğuran yüzeyler ısınır.
5. Elektromanyetik dalgaların enerjileri dalga boyu ile ters, frekansları ile doğru orantılıdır.
6. Elektrik ve manyetik alandan etkilenmez.
7. Yansıma, kırılma, girişim ve kırınım gibi mekanik dalga olaylarını gerçekleştirebilir.



3. ÜNİTE

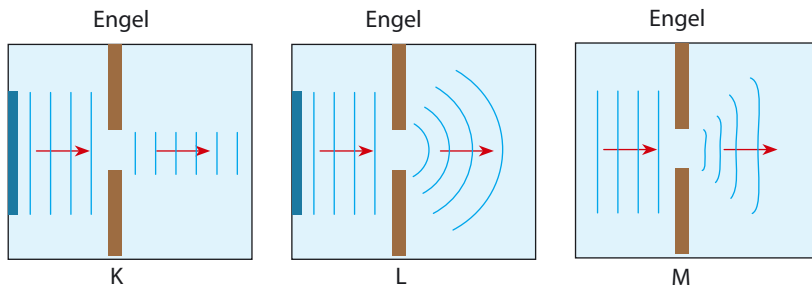
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME SORULARI

1. Şekildeki dalga leğenlerinde bulunan K, L, M kaynaklarından periyodik dalgalar gönderiliyor.



Buna göre bu dalgalardan hangileri engelden geçerken kırınımına uğrar?

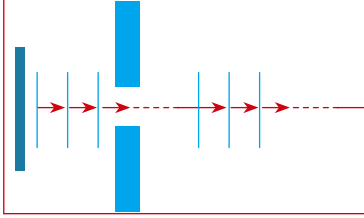
- A) Yalnız K
 B) Yalnız L
 C) K ve M
 D) L ve M
2. Su derinlikleri her yerinde aynı olan K, L ve M dalga leğenlerindeki aynı frekanslı kaynakların yaydığı dalgaların görünümü şekillerdeki gibidir.



Buna göre, bu dalga leğenlerindeki yarıkların genişlikleri w_K , w_L ve w_M arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

- A) $w_K > w_M > w_L$ B) $w_L > w_M > w_K$ C) $w_K = w_L = w_M$ D) $w_K > w_L = w_M$

3. Su derinliği her yerinde aynı olan bir dalga leğeninde dar bir yarıktan geçen doğrusal dalgaların görünümü şekildeki gibidir.



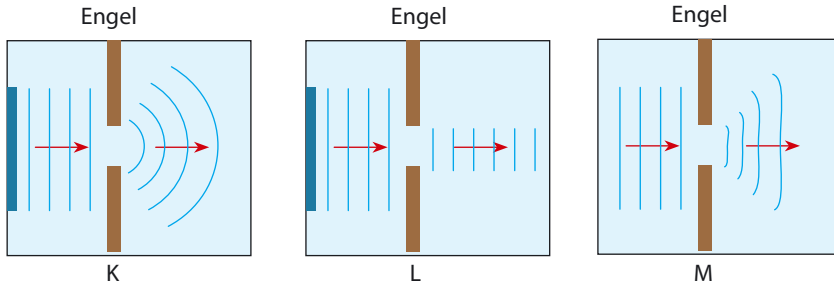
Bu dalga leğeninde su dalgalarının kırınım olayının gözlenebilmesi için;

- I. Leğene su ilave etmek.
- II. Kaynağın frekansını artırmak.
- III. Engeller arası uzaklığı azaltmak.

İşlemlerinden hangileri tek başına yapılmalıdır?

- A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III D) I ve III

4. Yarık genişlikleri eşit, derinlikleri her yerinde sabit ve h_K , h_L ve h_M olan, özdeş K, L M dalga leğenlerine gönderilen aynı frekanslı doğrusal dalgalar şekildeki gibidir.

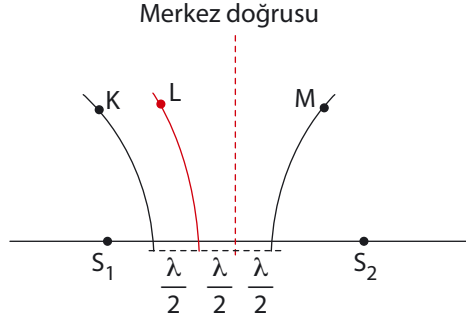


Buna göre, dalga leğenlerindeki suların derinlikleri h_K , h_L ve h_M arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

- A) $h_K > h_L > h_M$
- B) $h_K > h_M > h_L$
- C) $h_M > h_L > h_K$
- D) $h_L > h_K > h_M$

Fizik 7

5. Aynı anda titreşen özdeş S_1 ve S_2 dalga noktasal kaynakların ürettiği su dalgalarının oluşturduğu girişim desenindeki K, L, M noktaları şekildeki gibidir.



Kaynakların ürettiği dalgaların dalga boyu λ olduğuna göre girişim çizgisi üzerindeki K, L, M noktaları ile ilgili,

- I. K noktası dalga katarı üzerindedir.
- II. L noktası düğüm çizgisi üzerindedir.
- III. M noktası çift çukur noktası olabilir.

ifadelerinden hangileri doğrudur?

- A) I ve II
- B) II ve III
- C) I ve III
- D) I, II ve III

6. Resimlerde su dalgalarının oluşturduğu desenler görülmektedir.



I



II



III

Buna göre, bu resimlerden hangilerinde girişim deseni oluşmuştur?

- A) Yalnız I'de
- B) Yalnız III'te
- C) I ve III'te
- D) I ve II'de

7. Derinliği her yerine sabit olan bir dalga leğeninde aynı anda çalışan özdeş iki noktasal dalga kaynakları ile girişim deseni oluşturuluyor.

Girişim deseninde oluşan toplam düğüm çizgisi sayısını artırmak için;

- I. Leğenden bir miktar su almak.
- II. Kaynakların titreşim frekansını artırmak.
- III. Kaynaklar arası uzaklığı artırmak.

İşlemlerinden hangileri tek başına yapılmalıdır?

- A) I ve II B) II ve III C) I ve III D) I, II ve III

8. Su dolu bir dalga leğeninde noktasal ve özdeş iki kaynak ile girişim deseni oluşturuluyor. Bu dalga leğeninde oluşan girişim deseni sayısı aşağıdakilerden hangisine bağlı değildir?

- A) Kaynakların ürettiği dalgaların dalga boyuna
- B) Kaynaklar arası uzaklığa
- C) Dalgaların titreşim genliğine
- D) Dalga leğenindeki suyun derinliğine

9. Hava ortamında yapılan ışığın çift yarıktan girişim deneyinde, yarıklar düzlemi ile ekran arasına kırıcılık indisi havanın ışığı kırma indisinden daha büyük saydam cam levha konuluyor.

Bu olay sonucunda ekranda oluşan girişim deseni ile ilgili;

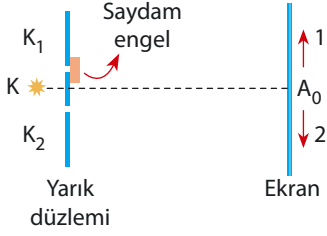
- I. Merkezî aydınlık saçığının yeri değişmez.
- II. Toplam aydınlık saçak sayısı artar.
- III. Saçak genişliği artar.

sonuçlarından hangileri gerçekleşir?

- A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III D) I, II ve III

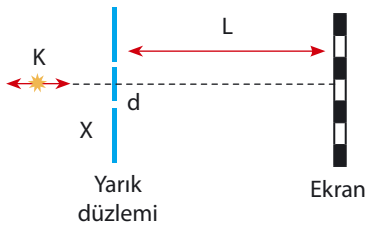
Fizik 7

10. Şekildeki gibi hazırlanmış çift yarıkla yapılan girişim deneyinde merkezi aydınlık saçak A_0 noktasında oluşuyor.



K_1 yarığının önüne çok ince saydam bir cam şekilindeki gibi konursa, merkezi aydınlık saçak A_0 bundan nasıl etkilenir?

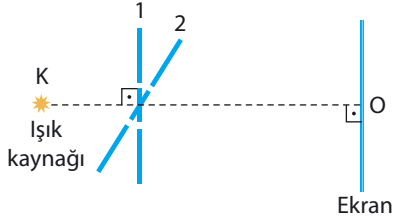
- A) 1 yönünde kayar. B) 2 yönünde kayar.
C) Parlaklığı azalır. D) Genişliği artar.
11. Karanlık bir odada çift yarıkla yapılan girişim deneyinde (Young Deneyi) tek dalga boyulu kırmızı ile tek dalga boyulu yeşil renkli ışığın karışımı olan bir ışık kaynağı kullanılıyor.
- Buna göre, bu deneyde oluşan girişim saçaklarından hangisi ekranda görülmez?**
- A) Karanlık saçak B) Kırmızı aydınlık saçak
C) Beyaz aydınlık saçak D) Yeşil aydınlık saçak
12. d aralıklı iki dar yarıktan x kadar uzaklıkta λ dalga boyulu tek renk ışık yayan ışık kaynağından çıkan ışınlar ekranda şekildeki gibi girişim deseni oluşturmaktadır.



Yarıklardan L kadar uzaklıktaki ekranda oluşan girişim deseni için aşağıdaki açıklamalardan hangisi doğru olur?

- A) Kaynak ile yarıklar düzlemi arası uzaklık (x) artarsa, saçak sayısı artar.
B) Ekranın yarıklar düzlemine uzaklığı (L) artarsa, saçak sayısı da artar.
C) Yarıklar arası uzaklık (d) artarsa, saçak sayısı azalır.
D) Gelen ışığın dalga boyu (λ) artarsa, saçak sayısı artar.

13. Şekilde tek renkli ışıkla yapılan çift yarıktaki girişim deneyinde yarıklar düzlemi 1. konumdan ekrana doğru biraz eğilerek 2. konuma getiriliyor.



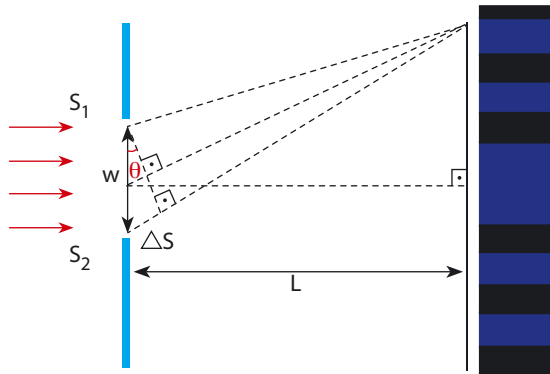
Buna göre, ekranda oluşan girişim saçakları ile ilgili;

- I. Saçak genişliği artar.
- II. Saçak sayısı azalır.
- III. Merkezî aydınlık saçığın genişliği azalır.

sonuçlarından hangileri gerçekleşir?

- A) Yalnız I B) I ve II C) II ve III D) I, II ve III

14. Tek renkli mavi ışıkla yapılan tek yarıktaki kırınım deneyinde, ekran üzerinde şekildeki görüntü elde ediliyor.

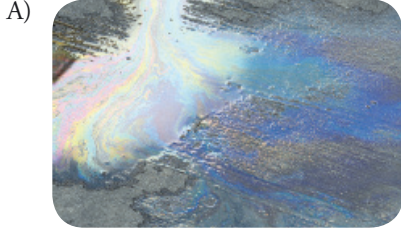


Deney düzeneğinde başka bir değişiklik yapmadan, aynı deney kırmızı ışıkla yapıldığında aşağıdaki sonuçlardan hangisi gerçekleşir?

- A) Saçak genişliği artar.
- B) Merkezî aydınlık saçığın genişliği değişmez.
- C) Toplam saçak sayısı artar.
- D) Merkezî aydınlık saçığın yeri yukarı doğru kayar.

Fizik 7

15. Aşağıda resimler ve resimlerin altındaki açıklamalardan hangisi ışığın dalga teorisini açıklamakta yetersiz kalır?



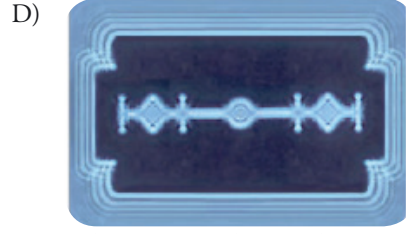
Yağ tabakasında girişim



Koydaki suyun kırınımı



Güneş'in yerküreyi ısıtması



Jiletin çevresinde ışığın kırınımı

16. Ses dalgalarında Doppler Olayı ile ilgili,

- I. Ses kaynağının hareketli olduğu durumlarda da gözlenir.
- II. Ses kaynağı gözlemciye doğru yaklaşırken gözlemci daha ince ses işitir.
- III. Kaynak ve gözlemci birbirinden uzaklaşırsa işitilen sesin frekansı daha düşüktür.

açıklamalarından hangileri doğrudur?

- A) Yalnız I
B) I ve II
C) II ve III
D) I, II ve III

17. Rüzgârın olmadığı bir havada sürekli siren çalan ambulansın siren sesinin frekansı f 'dir. Ambulans yol kenarında duran gözlemciye doğru sabit süratle yaklaşırken, gözlemcinin işittiği sesin frekansı f_1 , sabit süratle uzaklaşırken işittiği sesin frekansı f_2 'dir.

Buna göre, bu frekanslar f , f_1 ve f_2 arasındaki ilişki aşağıdakilerin hangisinde doğru verilmiştir?

- A) $f > f_1 > f_2$
B) $f_1 > f > f_2$
C) $f_2 > f > f_1$
D) $f_1 > f_2 > f$

18. Elektromanyetik dalgalarla ilgili;

- I. Elektrik yüklerinin ivmeli hareketleri ile oluşur.
- II. Yayılmaları için maddesel ortama gerek yoktur.
- III. Işık hızıyla yayılırlar.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) I ve II
- B) I ve III
- C) II ve III
- D) I, II ve III

19. Elektromanyetik dalgalar, dalga boyuna göre sıralanarak elektromanyetik spektrumu oluşturur. Spektrumu oluşturan dalgalardan yararlanarak teknolojide birçok araç geliştirilmiştir.

Buna göre, aşağıdaki teknolojik araçlardan hangisinin çalışmasında spektrumu oluşturan elektromanyetik dalga yoktur?

- A) Ultrason cihazından yayılan dalgalarla hastalıkların teşhis edilmesi
- B) Röntgen cihazından yayılan dalgalarla röntgen filminin çekilmesi
- C) Mikrodalga fırınların yaydığı dalga ile yemek pişirilmesi
- D) Sokak lambasından yayılan ışığın etrafı aydınlatması

20. Radarlar, trafikte seyir hâlindeki araçların hızlarını tespit etmek için kullanılır. Radar cihazından yaklaşan araca elektromanyetik dalga gönderilir gönderilen dalganın frekansı ile yansıyan dalganın frekansı cihaza ulaştığında aracın hızı tespit edilir.

Radardan yayılan ve araçtan yansıyan elektromanyetik dalganın frekansı ile ilgili;

- I. Cihaz yansıyan dalganın frekansını gönderilen dalganın frekansından daha büyük algılar.
- II. Aracın hızı arttıkça gönderilen dalganın frekansı ile yansıyan dalganın frekansı arasındaki fark artar.
- III. Cihazdan gönderilen dalganın hızı yansıyan dalganın hızından daha küçüktür.

yargılarından hangileri doğrudur?

- A) I ve II
- B) II ve III
- C) I ve III
- D) I, II ve III

CEVAP ANAHTARI

1. ÜNİTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	D	C	D	C	B	A	D	A	A	B
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	B	B	C	D	C	D	B	B	D	A

DOĞRU SAYISI

YANLIŞ SAYISI

2. ÜNİTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	B	D	C	A	A	D	D	A	C	C
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	A	D	B	A	C	A	B	D	D	A

DOĞRU SAYISI

YANLIŞ SAYISI

3. ÜNİTE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	B	A	D	B	A	A	D	C	B	A
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	C	C	B	A	C	D	B	D	A	A

DOĞRU SAYISI

YANLIŞ SAYISI

SÖZLÜK

A

- ağırlık** : Yer çekiminin, bir cismin molekülleri üzerindeki etkisinin oluşturduğu bileşke, gravite
- akım** : Bir iletken madde içerisinde serbest elektronların, artı ve eksi iyonların elektrik ve manyetik alan etkisiyle akışı
- ampermetre** : Akım şiddetinin ölçülmesinde kullanılan araç
- anot** : 1. Elektrikle ayrışım olayında ve pillerde, yükseltgenme tepkimesinin olduğu elektrot
2. Artı uç
- astronom** : Astronomi ile uğraşan. Gök bilimci
- atom** : 1. Bir elementin özelliklerini taşıyan en küçük parçası. 2. Birkaç türü birleştiğinde çeşitli molekülleri, bir tek türü ise bir kimyasal ögeyi oluşturan parçacık

B

- baz istasyonu** : Cep telefonu haberleşmesi için elektromanyetik sinyalleri yayınlayan veya alan bir anten ile bir radyo vericisi
- basit sarkaç** : Serbest durumda bulunan ipin ucuna cisim asıldığında oluşan sistem

C

- coulomb**
- kuvveti** : Elektrik yüklü tanecikler arasındaki itme veya çekme kuvveti

Ç

- çembersel** : Çembere benzeyen, çemberle ilgili
- çıkarmı** : Bir ya da birden fazla önermeden sonuç elde etme
- çizgisel** : Düz bir doğrultu üzerinde olan.

D

- dalga leğeni** : Su dalgalarının özelliklerini incelemek için kurulan düzenek.
- denge** : Bir cismin, bir sistemin süratinin sabit veya sıfır olma durumu

E

- eğimli viraj** : Eğimi sıfırdan farklı yatay viraj
- elektromanyetik spektrum** : Elektromanyetik dalgaların gösterildiği çizelge
- eylemsizlik** : Bir cismin hareketinde meydana gelebilecek değişmeye karşı direnme eylemi

F

frekans : Titreşim yapan sistemlerin birim zamandaki titreşim sayısı

G

genlik : Harmonik harekette uzanımın en büyük değeri

girişim : İki farklı dalganın bir noktada karşılaşması

H

harmonik : düzenli olarak tekrar edilen

İ

ihtiva : İçine alma, içinde bulundurma, içirme

ivme : Birim zamanda hızdaki değişim

K

kırınım : Dalgaların karşılaştığı engelleri dolanarak geçmesi

kinetik enerji : Hareket enerjisi. Bir cismin hareketinden dolayı kazandığı enerji

M

mekanik enerji : Bir sistemin sahip olduğu kinetik ve potansiyel enerjilerinin toplamı

momentum : Bir cismin kütlesi ile hızının çarpımıdır.

N

net kuvvet : Bir sisteme etki eden birden fazla kuvvetin toplamı

net tork : Birden fazla uygulanan kuvvetin döndürme etkilerinin toplamı

Ö

öteleme : Bir cismin bütün noktalarının eşit, paralel ve yöndeş yollar çizmesiyle beliren hareketi, yer değiştirme

P

potansiyel enerji : Bir sistemin durumundan dolayı kazandığı gizil enerji

R

röntgen : X-ışınlarıyla elde edilen görüntü

S

salınım : Düzenli olarak hep aynı yönde aynı hızla yapılan hareket

Fizik 7

siren : Acil durumlarda bazı araç ve sistemlerde bulunan ve tiz ses çıkaran uyarıcı araç

sürtünme kuvveti : Bir sistemin hareketine karşı oluşan direnme hareketi

T

topaç : Çevresine ip sarılıp bırakılarak döndürülen koni biçiminde ucu sivri oyuncak

tork : Bir kuvvetin, cismi bir eksen etrafında döndürme eğilimi

U

uzanım : Harmonik hareket yapan cismin herhangi bir anda denge konumuna olan uzaklığı

V

vektörel : Yönü, doğrultusu ve uygulama noktası olan nicelik

Y

yay sarkacı : Bir cismin, sarmal yay ucuna bağlanmasıyla oluşturulan sistem

KAYNAKÇA

- Balkan, N., & Erol, A. (2005). *Çevremizdeki fizik*. TÜBİTAK.
- Beiser, A. (2003). *Concepts of modern physics*. Tata McGraw-Hill Education.
- Güneş, B. (2017). Fizikte kavram yanılgıları. *Ankara: Palme Yayıncılık*.
- Haliday, D., & Resnick, R. (1997). Fiziğin temelleri (çev. C. Yalçın). *Ankara: Arkadaş Yayınevi*.
- Halzen, F., & Martin, A. D. (2008). *Quark & Leptons: An Introductory Course In Modern Particle Physics*. John Wiley & Sons.
- Raymond A. Serway, R.J. (2016). Fen ve Mühendislik için Fizik, Mekanik-Mekanik Dalgalar-Termodinamik (Beşinci baskıdan çeviri b., Cilt 1). Ankara :Palme Yayıncılık.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018). *Physics for scientists and engineers with modern physics*. Cengage learning.
- Serway, R. A., & Beichner, R. J. (2011). Fen ve Mühendislik İçin Fizik-1, Beşinci Baskıdan Çeviri, Çev. ed. *Kemal Çolakoğlu*. Ankara: *Palme Yayıncılık*.
- T.C. Millî Eğitim Bakanlığı Orta Öğretim Fizik Dersi (9, 10, 11 ve 12. Sınıflar) Öğretim Programları
- Türkçe Sözlük, TDK yayınları (2013), Ankara.
- Yazım Kılavuzu, TDK yayınları (2012), Ankara
- Young, H. D., Freedman, R. A., Ünlü, H., & Giz, A. T. (2010). *Sears ve Zemansky'nin üniversite fiziği*. Pearson Education Yayıncılık. Ankara.
- Young, H. D., & Freedman, R. A. (2009). *Sears ve Zemansky'nin Üniversite Fiziği*, Cilt I (çeviri).

GENEL AĞ KAYNAKÇA

https://www.nasa.gov/mission_pages/GLAST/news/fermi-thunderstorms.html

Erişim tarihi: 20.09.2018 saat: 14:40

http://www.bilimteknik.tubitak.gov.tr/sites/default/files/posterler/albert_einstein.pdf

Erişim tarihi: 12.10.2018 saat: 10:15

http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_yanlis&view=yanlis&kelimez=237

Erişim tarihi: 17.09.2018 saat: 11:20

<https://www.slideshare.net/u082930/crocodile-physics-presentation-864379>

Erişim tarihi: 13.11.2018 saat: 14:40

<http://yunus.hacettepe.edu.tr/~polat/FIZ217-DERS-NOTLARI.pdf>

Erişim tarihi: 11.10.2018 saat: 15:00

<http://w3.gazi.edu.tr/~bgunes/index.html>

Erişim tarihi: 15.09.2018 saat: 10:00