

# **FİZ 112 GENEL FİZİK – II**

**(3 + 0)**

**2. Yarıyıl**

## **DERSİ ALAN ÖĞRENCİ GRUPLARI**

**Mühendislik Fakültesi'nin tüm bölümleri;**

❖ 9 Bölüm 17 şube ve yaklaşık 1500 öğrenci

**Teknoloji Fakültesi'nin tüm bölümleri;**

❖ 5 Bölüm ve yaklaşık 400 öğrenci

**Fen Edebiyat Fakültesi;**

❖ 3 Bölüm ve yaklaşık 200 öğrenci

**Ders Videoları; bu şubelerde derse giren  
Öğretim Üyeleri tarafından ortak hazırlanmıştır.**



<https://www.youtube.com/PAÜFizik/videos>



[@PauFizik](https://twitter.com/PauFizik)



<https://www.pau.edu.tr/fizik>

## **DERSİN AMACI:**

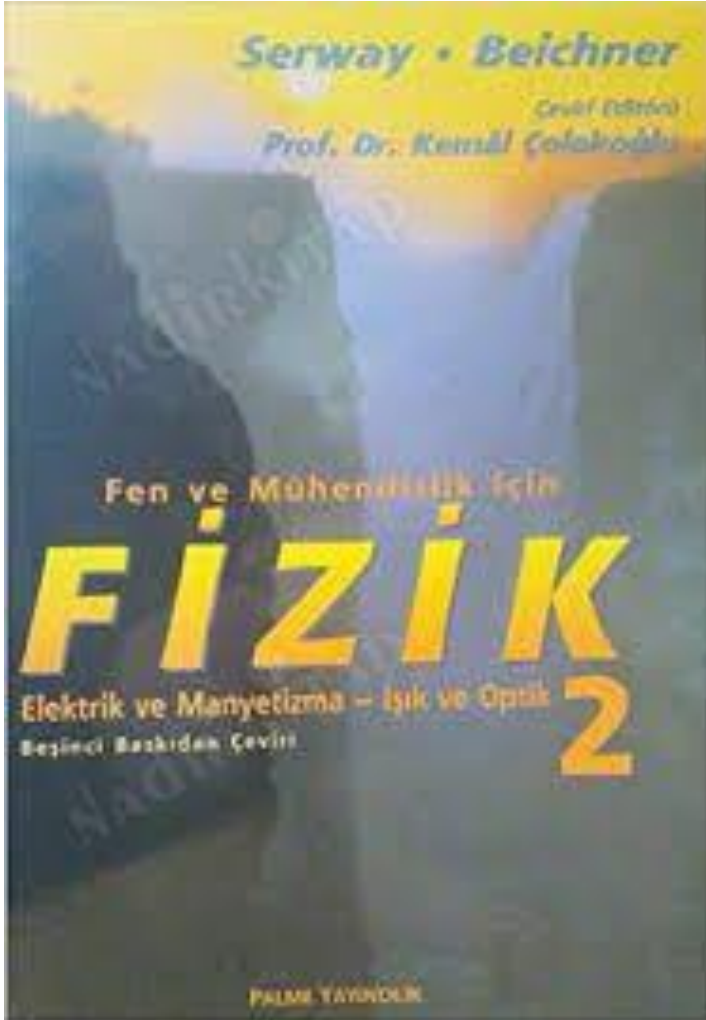
❖ Elektrik ve manyetizmanın temel kavram ve prensiplerini kavratmak.

# DERS İÇERİĞİ

- 1)Elektrik Alanlar, (2 Hafta), 23. Bölüm
- 2)Gauss Kanunu, (1 Hafta), 24. Bölüm
- 3)Elektrik Potansiyeli, (2 Hafta), 25. Bölüm
- 4)Sığa ve Dielektrik, (1 Hafta), 26. Bölüm
- 5)Akım ve Direnç, (1 Hafta), 27. Bölüm
- 6)Doğru Akım Devreleri, (1 Hafta), 28. Bölüm
- 7)Manyetik Alanlar, (1 Hafta), 29. Bölüm
- 8)Manyetik Alanın Kaynakları, (2 Hafta), 30. Bölüm
- 9)Faraday Yasası, (2 Hafta), 31. Bölüm
- 10)Bazı Elektrik ve manyetizma Problemlerinin Simulasyon yöntemleri ile incelenmesi, (1 Hafta)

# Ders Kitabı

## Fen ve Mühendislik için FİZİK 2 (Serway & Beichner)



### Yardımcı Kaynaklar:

- ❖ Sears & Zemansky'nin Üniversite Fiziği 2, R.A.Freedman & H.D. Young & Hilmi Ünlü
- ❖ Fiziğin Temelleri 2. Kitap, Halliday & Resnick
- ❖ Üniversite Öğrencileri İçin Fizik – II Çalışma Kitabı, Tayfun Demirtürk

## **DERSİN İŞLENİŞİ:**

**Kitap'tan ilgili bölümün okunması,**

**Video kaydının izlenmesi,**

**Canlı Ders buluşması**

**Değerlendirme; Ara Sınav: %40, Dönem Sınavı: %60**

**Devam: %70**

**(Şube zümreleri sınavları kendi içerisinde yapacaktır)**

# İZLENME VE BAŞARI ORANLARI

ÖĞRENCİ	Canlı Derse Giriş	Kayıttan İzleme	Materyal İndirme				
				41	10	16	9
				42	0	0	0
				43	1	0	1
1	0	1	0	44	2	14	1
2	6	2	1	45	14	14	8
3	0	1	0	46	14	14	13
4	0	1	5	47	6	14	5
5	0	3	0	48	14	1	11
6	1	14	0	49	14	5	6
7	0	14	1	50	14	4	13
8	0	14	3	51	14	3	9
9	0	0	0	52	3	0	1
10	0	4	0	53	14	14	21
11	0	9	1	54	14	0	7
12	0	0	0	55	14	4	18
13	0	0	0	56	14	6	0
14	5	0	1	57	14	6	2
15	0	0	0	58	14	0	12
16	2	14	12	59	14	13	11
17	0	1	2	60	14	0	10
18	0	0	0	61	4	14	8
19	0	4	1	62	14	14	3
20	0	0	1	63	7	14	3
21	1	9	1	64	14	5	13
22	0	14	0	65	14	14	19
23	0	0	0	66	14	5	9
24	12	14	11	67	0	14	4
25	4	6	2	68	14	3	7
26	3	14	2	69	0	14	5
27	0	0	1	70	8	12	15
28	10	14	10	71	3	1	1
29	0	6	1	72	5	0	16
30	0	6	14	73	14	14	8
31	1	3	0	74	2	14	8
32	3	4	2	TOPLAM	409	480	
33	14	14	20	KATILIM			
34	0	0	1	ORANI	0,389524	0,4571429	
35	0	0	1	C ve yukarısı		%	0,3466667
36	1	6	2	D ve yukarısı		%	0,6133333
37	1	0	0				
38	0	2	3				
39	0	6	4				
40	14	14	12				

# **BÖLÜM-23**

## **ELEKTRİK YÜKÜ VE ELEKTRİK ALANLARI**

- **Elektrik Yüklerinin Özellikleri**
- **Yalıtkanlar ve İletkenler**
- **İki yük arasındaki kuvvet (Coulomb yasası)**
- **Elektrik Alanı**
- **Sürekli Bir Yük Dağılımının Elektrik Alanı**
- **Elektrik Alan Çizgileri**
- **Düzgün Bir Elektrik Alanında Yüklü Parçacıkların Hareketi**

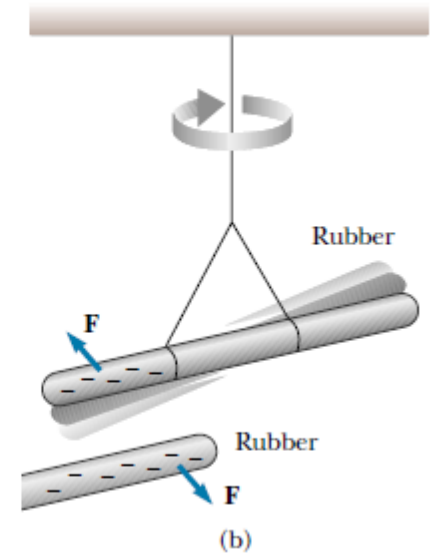
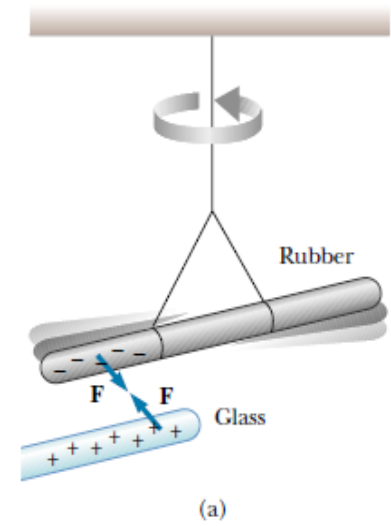
# ELEKTRİK YÜKLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Elektriklenme veya Elektrikle Yüklenme: Saça sürülen tarağın kâğıt parçalarını çekmesi, şişirilmiş bir balonun yünle ovulması, ayakkabılarınızın yün bir halıya sürterek vücudunuzun elektriklenmesi gibi...

Benjamin Franklin tarafından; (1706-1790) **artı (pozitif)** ve **eksi (negatif)** iki çeşit elektrik yükü olduğu bulunmuştur.

**Şekil (a):** İpeğe sürülerek elektrikle yüklenen lastik ve cam çubukları birbirini çeker,

**Şekil (b):** Elektrikle yüklenen iki lastik veya cam çubuğu birbirini iterler.





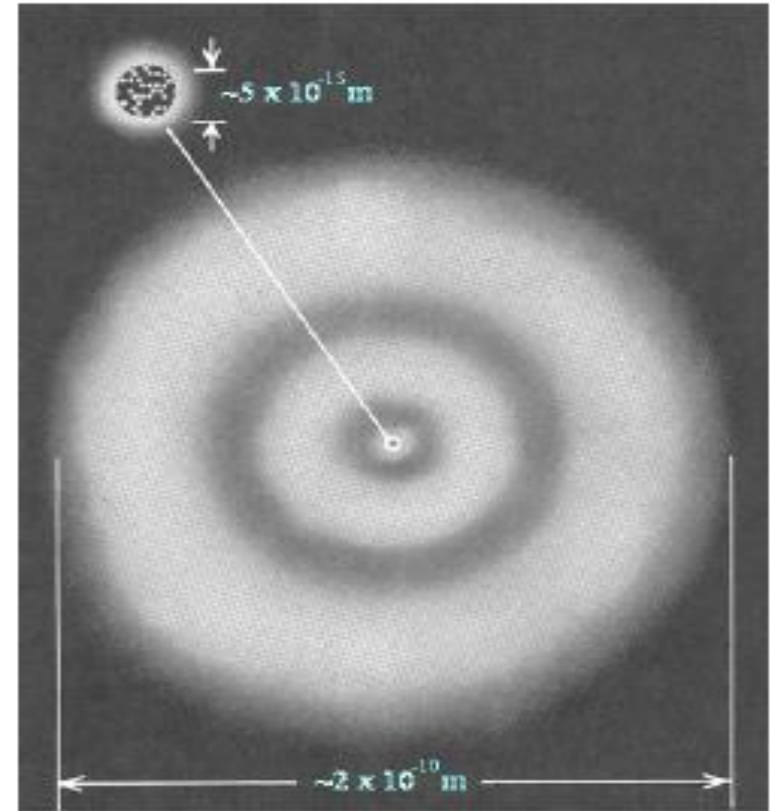
Bu gözlemlere dayanarak, **aynı yüklerin birbirlerini ittikleri, farklı yüklerin ise birbirlerini çektikleri** sonucuna varılır.

Franklin'in önerisi benimsenerek cam çubuktaki elektrik yüküne artı, lastik çubuktakine eksi denilir.

- ❖ Artı (pozitif) ve eksi (negatif) olmak üzere iki çeşit elektrik yükü vardır.
- ❖ Aynı işaretli yükler birbirini iter, zıt işaretli yükler birbirini çeker.

20. yy başlarında Ernest Rutherford atomun yapısını açıkladı.

Atomlar elektronlardan ve çekirdekten oluşur. Çekirdeğin kendisi de, proton ve nötronlardan oluşur.



Atomun çapı  $\sim 2 \times 10^{-10} \text{ m}$ .

Çekirdeğin çapı  $\sim 5 \times 10^{-15} \text{ m}$ .

Elektronlar **negatif** yüklü, protonlar **pozitif** yüklü, nötronlar ise **yüksüzdür**.

### Atomik Bileşenlerin Kütleleri ve Yükleri

Nötron (n) : Kütle  $m = 1.675 \times 10^{-27}$  kg; Yük  $q = 0$

Proton (p) : Kütle  $m = 1.673 \times 10^{-27}$  kg; Yük  $q = +1.602 \times 10^{-19}$  C

Elektron (e) : Kütle  $m = 9.11 \times 10^{-31}$  kg; Yük  $q = -1.602 \times 10^{-19}$  C

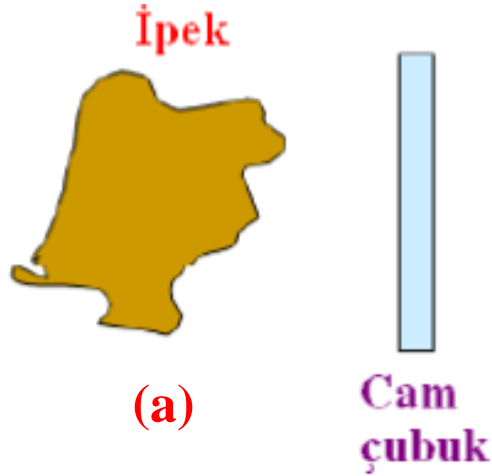
**Not-1:** Elektron ve protonun yükleri için, sırasıyla, “-e” ve “+e” sembolleri kullanılır. Bunlar **temel yük** olarak bilinirler .

**Not-2:** Bir atomdaki elektron ve proton sayıları eşitse, atom elektriksel olarak “**nötr**” olarak adlandırılır. Bir atomda bulunan proton sayısına o atomun “**atom numarası (Z)**” adı verilir.

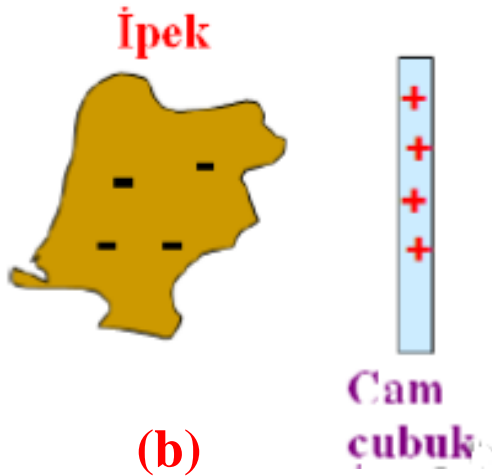
**Not-3:** Bir atomdaki proton ve nötron sayılarının toplamına ise o atomun “**kütle numarası (A)**” adı verilir.

**Gösterim:**  ${}^{235}_{92}\text{U}$   $Z = 92 = \text{elektron} / \text{proton sayı}$   
 $A = 235 = \text{proton} + \text{nötron sayı}$

## ❖ Elektrik Yükleri Korunumludur



Şekil (a): Her ikisi de yüksüz olan cam bir çubuk ile ipek bir kumaş.



Şekil (b): Sürtünme sonucunda, toplam yük sıfır olacak şekilde yüklerin ayrışması.

Yükün korunumu:

“Herhangi bir işlemin öncesindeki toplam yük, işlemden sonraki toplam yüke eşittir”.

Önceki Net Yük = Sonraki Net Yük

$$Q_i = Q_f$$

## ❖ Elektrik Yükleri Quantalıdır

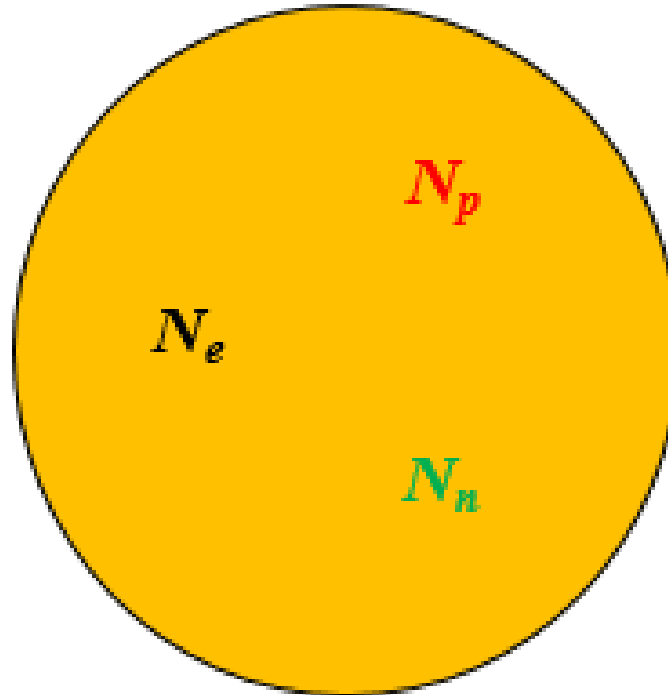
Robert Millikan (1868-1953), 1909'da, elektrik yükünün, her zaman bir temel yük olan  $e$  yük biriminin tam katları halinde bulunduğunu keşfetti. Buna göre;  $N$  tamsayı olmak üzere,

$$q = Ne$$

Bir nesnenin toplam yükü, o nesnedeki temel parçacıkların sayısına (elektron, proton, nötron) bağlıdır. Elektron sayısı  $N_e$ , proton sayısı  $N_p$  ve nötron sayısı  $N_n$  olan bir nesnenin net yükü ( $q$ ),

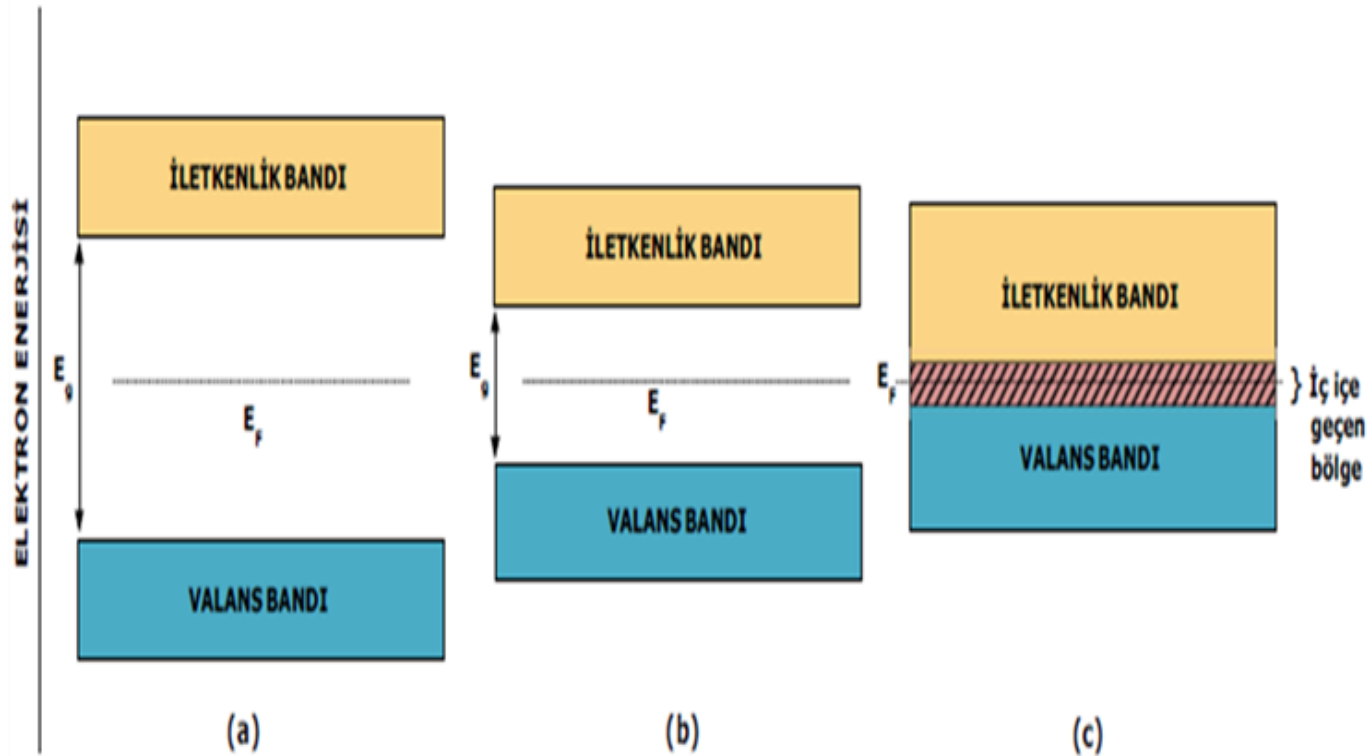
$$q = -eN_e + eN_p + 0N_n = e(N_p - N_e) = Ne$$

şeklinde olur. Burada,  $N = (N_p - N_e)$  ve tamsayıdır. Bu, net yükün elektron yükünün tamsayı katları kadar olacağını gösterir. Yani yük **quantalı (kesikli)** dır.



# YALITKANLAR VE İLETKENLER

Maddeler, elektrik yükünü iletme yeteneklerine göre sınıflandırılırlar.



**(a) Yalıtkanlar, (b) yarıiletkenler ve (c) iletkenlerde basitleştirilmiş elektronik enerji bant yapısı**



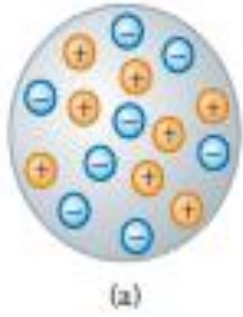
**Elektriksel iletkenler,** elektrik yüklerinin içinde serbestçe hareket ettikleri maddelerdir. Bakır, alüminyum ve gümüş bunlardan bazılarıdır.

**Yalıtkanlar,** yüklerin içlerinde serbestçe dolaşmalarına izin vermeyen malzemelerdir. Plastik, lastik ve cam bunlardan bazılarıdır.

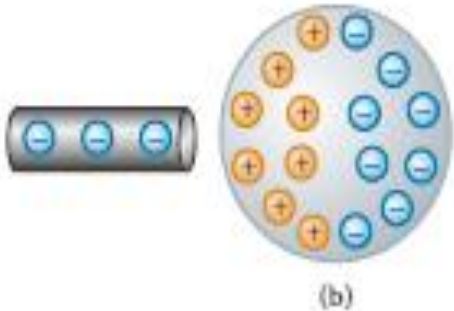
**Yarıiletkenler,** elektriksel özellikleri yalıtkanlarla iletkenler arasında bir yerde bulunan üçüncü bir madde sınıfıdır. Si ve Ge en iyi bilinen yarıiletkenlerdir.

# Bir İletkeni İndüksiyon (Etki) İle Yükleme

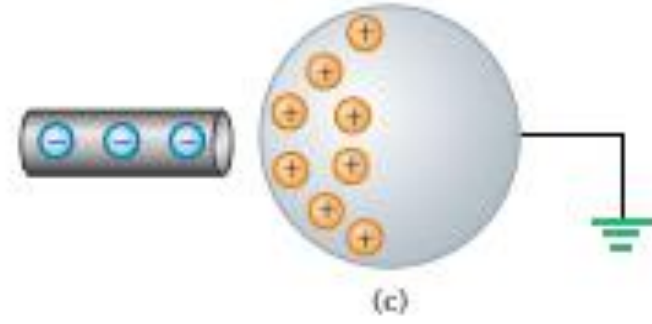
Bir iletken, iletken bir tel veya bakır boruyla toprağa bağlanırsa, **topraklandığı** söylenir. O zaman toprak elektronların kolayca gidebileceği sonsuz bir “gider” olarak düşünülebilir.



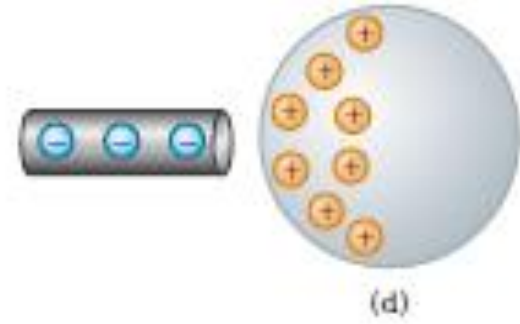
(a) da bir yalıtılmış iletken nötr küre.



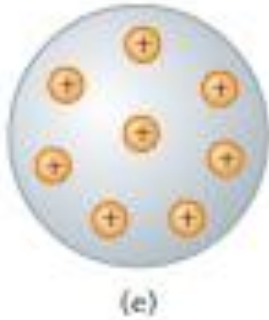
(b) Bu küre yakınına eksi yüklü lastik bir çubuğu yavaşça yaklaştıralım.



(c) Küre iletken bir telle toprağa bağlanırsa iletkendeki bazı elektronlar çubuktaki eksi yük üzerinden toprağa akarlar.



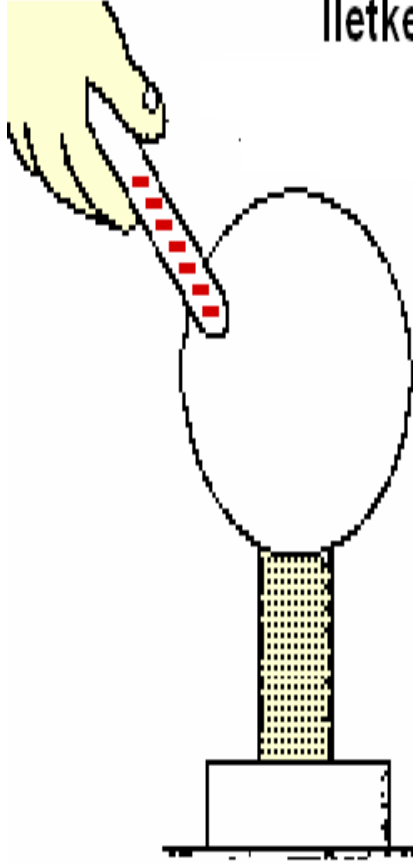
(d) Toprak bağlantılı tel kaldırılınca iletken kürede **indüksiyonla** artı bir yük fazlalığı oluşur.



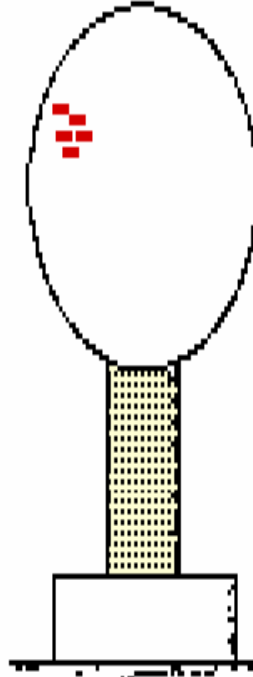
(e) Lastik çubuk küreden uzaklaştırıldığında, indüksiyonla oluşan artı yük topraklanmamış kürede kalır ve küre yüzeyine düzgün olarak dağılır. **Bu işlem sırasında elektriklelenmiş lastik çubuk eksi yükünden hiçbir kayba uğramaz. (Temasa gerek yok)**

# Bir İletkeni Dokunma İle Yükleme

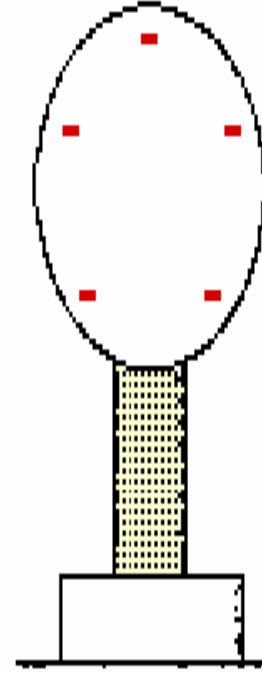
İletken üzerinde yükün düzgün dağılımı



Bir metal küre yalıtkan ayak üzerine yerleştirilir ve yüklü plastik çubuk dokundurulur.



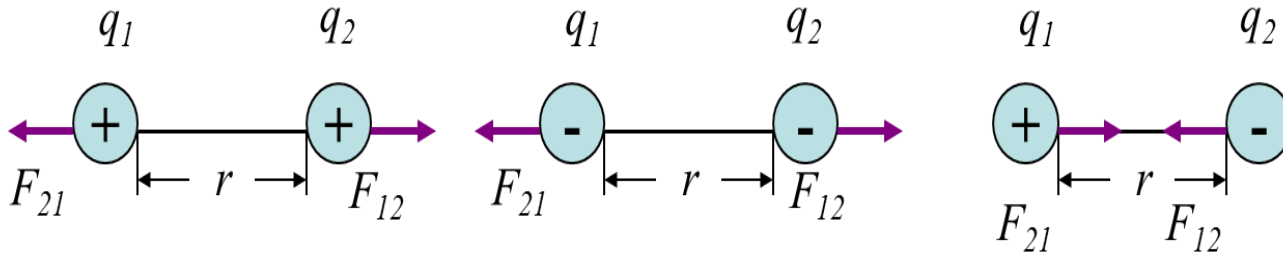
Metal küre, kontak noktasma yerleşen negatif yükler kazanır.



Metal iletken olduğundan, yükler hızlı bir şekilde kürenin yüzeyine doğru dağılır.

# COULOMB YASASI

Charles Coulomb (1736-1806); durgun noktasal yüklü iki parçacık arasındaki **elektrik kuvvetinin büyüklüğü**; yüklerin çarpımıyla doğru orantılı ve aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır.



1)  $(F_e \propto 1/r^2)$ .

2) Yükler aynı işaretliyse, kuvvet iticidir. Yükler zıt işaretliyse, kuvvet çekicidir.

3) Kuvvet,  $q_1$  ve  $q_2$  yüklerinin çarpımıyla orantılıdır.

Elektrostatik kuvvetin büyüklüğü, Coulomb Yasası ile;

$$F_e = k_e \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$$

Burada;  $k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 8,9875 \times 10^9 \text{ N.m}^2/\text{C}^2$  Coulomb sabiti

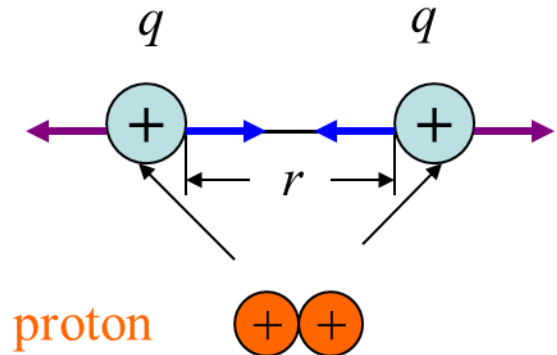
ve  $\epsilon_0$  ise boşluğun veya havanın elektriksel geçirgenliği ve değeri  $8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/\text{N.m}^2$  , dir. Coulomb kuvveti ve

Newton'un gravitasyonel kuvveti aynı formdadır. Tek fark gravitasyonel kuvveti her zaman çekici bir kuvvettir. Buna karşın Coulomb kuvveti, yüklerin işaretine bağlı olarak çekici veya itici olabilir.

## □ Örnek: Elektriksel kuvvetler ve Kütle çekim kuvvetleri

Elektriksel kuvvet

$$F_e = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q^2}{r^2}$$



Kütle çekim kuvveti

$$F_g = G \frac{m^2}{r^2}$$

$$\frac{F_e}{F_g} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0 G} \frac{q^2}{m^2} = \frac{9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2}{6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2} \frac{(3.2 \times 10^{-19} \text{ C})^2}{(6.64 \times 10^{-27} \text{ kg})^2}$$
$$= 3.1 \times 10^{35}$$

Kütle çekim kuvvetleri elektriksel kuvvetlere kıyasla çok küçüktür.!

**Örnek 23-1:** Hidrojen atomunda çekirdekteki proton ile yörüngedeki elektron arasındaki uzaklık ortalama  $5,3 \times 10^{-11} \text{ m}$  'dir. Bunlar arasındaki elektriksel ve gravitasyonel kuvvetlerin büyüklüklerini bulunuz.

**Çözüm 23-1:** Coulomb yasasından, elektriksel kuvvet;

$$F_e = k_e \frac{|e|^2}{r^2} = 9 \times 10^9 \frac{|1,6 \times 10^{-19}|^2}{(5,3 \times 10^{-11})^2} = 8,2 \times 10^{-8} \text{ N}$$

Newton' un gravitasyon yasasından, kütle çekim kuvvetinin büyüklüğü;

$$F_g = G \frac{m_e m_p}{r^2} = 6,7 \times 10^{-11} \frac{(9,11 \times 10^{-31})(1,67 \times 10^{-27})}{(5,3 \times 10^{-11})^2} = 3,6 \times 10^{-47} \text{ N}$$

Atomik boyutta, parçacıklar arasındaki kütle çekim kuvveti önemsiz düzeyde küçüktür.



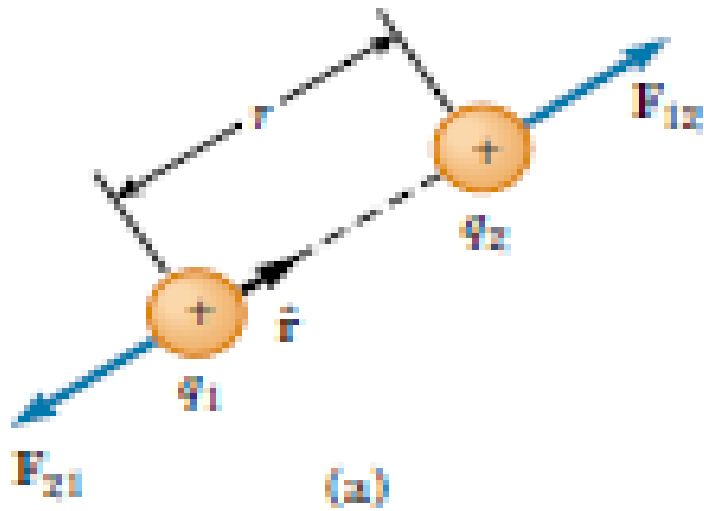
# Coulomb Yasası ve Bileşke Kuvvet

Elektrik kuvveti vektörel bir büyüklüktür.

$\vec{F}_{12}$ ;  $q_1$  yükünün ikinci bir  $q_2$  yüküne uyguladığı elektrik kuvvetini vektörel olarak ifade eden Coulomb yasası,

$$\vec{F}_{12} = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r}$$

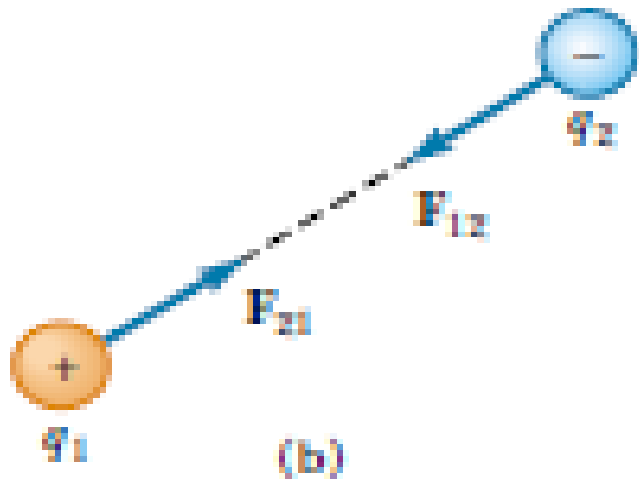
dir. Burada  $\hat{r}$ , şekildeki gibi  $q_1$  yükünden  $q_2$  yüküne doğru yönelmiş bir birim vektördür.



$\vec{F}_{21}$ ;  $q_2$  yükünün  $q_1$  yüküne etkidiği elektrik kuvveti,

$\vec{F}_{12}$ ;  $q_1$  yükünün  $q_2$  yüküne etkidiği elektrik kuvveti;

$$\vec{F}_{21} = -\vec{F}_{12}$$



Bir yük grubunun belirli bir yüke uyguladığı net kuvvet, tüm yüklerin uyguladığı kuvvetlerin vektörel toplamına eşittir. Örneğin,  $q_2$  ve  $q_3$  yükleri tarafından  $q_1$  yüküne uygulanan net kuvvet ( $\vec{F}_1$ ),

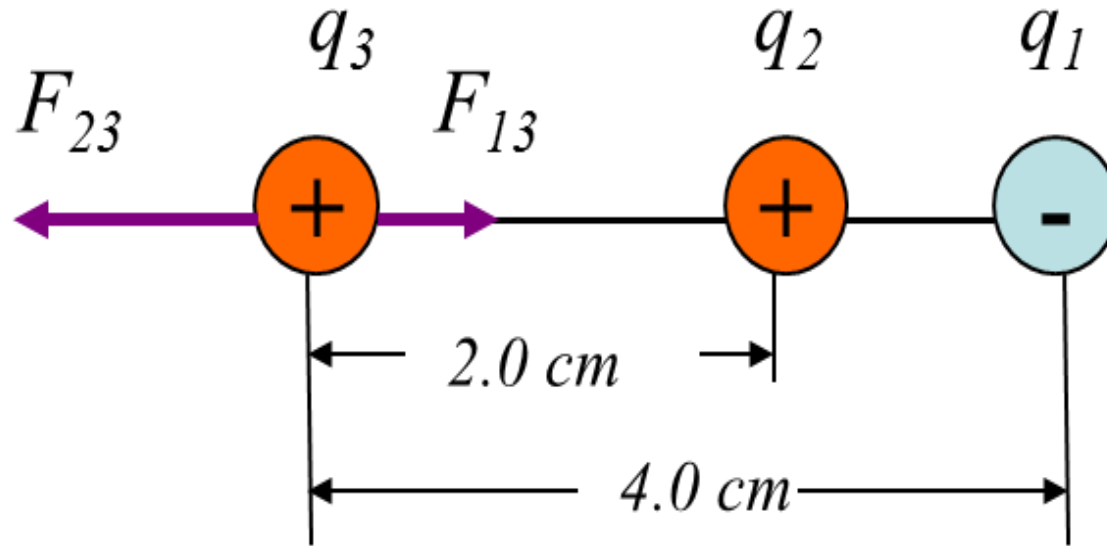
$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31}$$

ile verilir. Burada,  $\vec{F}_{21}$  ve  $\vec{F}_{31}$  kuvvetleri sırasıyla  $q_2$  ve  $q_3$  yüklerinin  $q_1$  yüküne uyguladığı kuvvetlerdir.  $q_1$  yüküne etki eden  $n$  tane nokta yük olması durumunda ise net kuvvet,

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{21} + \vec{F}_{31} + \vec{F}_{41} + \cdots + \vec{F}_{n1} = \sum_{i=2}^n \vec{F}_{i1}$$

ile ifade edilir.

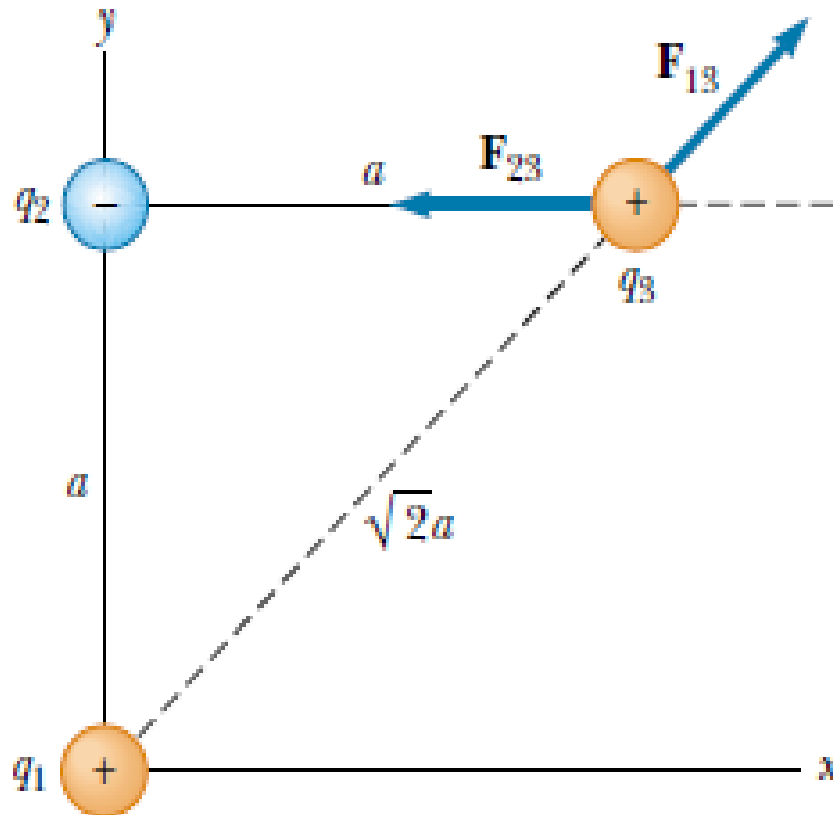
# Doğru üzerindeki elektrik kuvvetlerin vektörel toplamı



$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23}$$

### Örnek 23-2:(Düzlemdeki elektrik kuvvetlerin vektörel toplamı)

Şekildeki gibi üç nokta yük, dik kenarlarının uzunluğu  $a = 10 \text{ cm}$  olan ikizkenar üçgenin köşelerine yerleştirilmiştir.  $q_1 = q_3 = 5 \mu\text{C}$  ve  $q_2 = -2 \mu\text{C}$  olduğuna göre  $q_3$  yüküne etkiyen net kuvveti bulunuz.



**Çözüm 23-2:** Coulomb yasasından  $q_1$  ve  $q_2$  yüklerinin  $q_3$  yüküne uyguladıkları kuvvetlerin büyüklükleri;

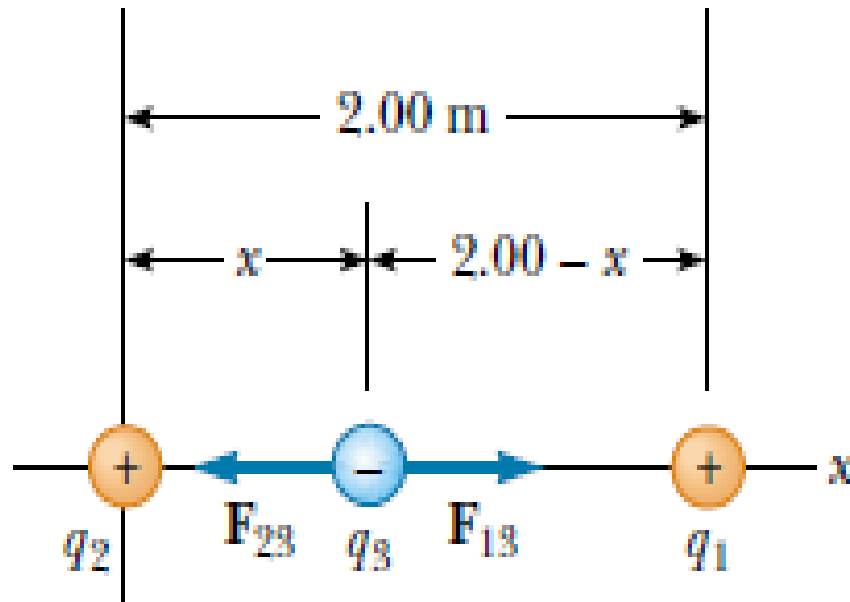
$$F_{13} = k_e \frac{|q_1||q_3|}{(\sqrt{2}a)^2} = 8,99 \times 10^9 \frac{(5 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-6})}{2(0,1)^2} = 11 \text{ N}$$

$$F_{23} = k_e \frac{|q_2||q_3|}{(a)^2} = 8,99 \times 10^9 \frac{(2 \times 10^{-6})(5 \times 10^{-6})}{(0,1)^2} = 9,0 \text{ N}$$

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_{13} + \vec{F}_{23} = (11 \cos 45 - 9)\hat{i} + (11 \sin 45)\hat{j} = -1.1\hat{i} + 7.9\hat{j} \text{ N}$$

$$F_{net} = \sqrt{(-1.1)^2 + (7.9)^2} = 8 \text{ N} ; \theta = \tan^{-1} \left( \frac{7.9}{-1.1} \right) = 98^\circ$$

**Örnek 23-3:** Şekildeki gibi üç nokta yük,  $x$ -ekseni üzerine yerleştirilmiştir.  $q_1 = 15 \mu C$ 'luk yük  $x = 2 \text{ m}$  noktasında,  $q_2 = 6 \mu C$ 'luk yük ise orijinde bulunmaktadır.  $q_3$  nokta yükü  $x$ -ekseni üzerinde hangi noktada olmalıdır ki, üzerine etkiyen net kuvvet sıfır olsun?



**Çözüm 23-3:**  $q_1$  ve  $q_2$  yükleri aynı işaretli olduğu için, işareti ne olursa olsun  $q_3$  yükü bunların arasına konulmalıdır. Bu durumda:

$$F_{13} = k_e \frac{|q_1||q_3|}{(2-x)^2} ; F_{23} = k_e \frac{|q_2||q_3|}{x^2}$$

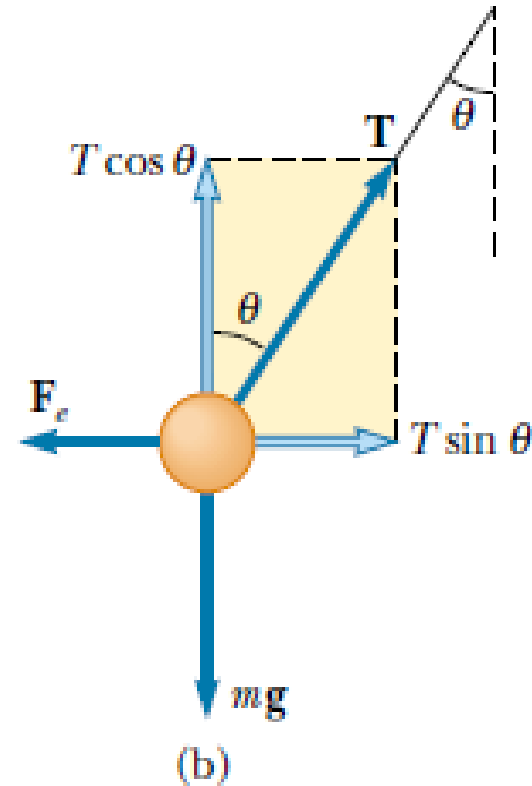
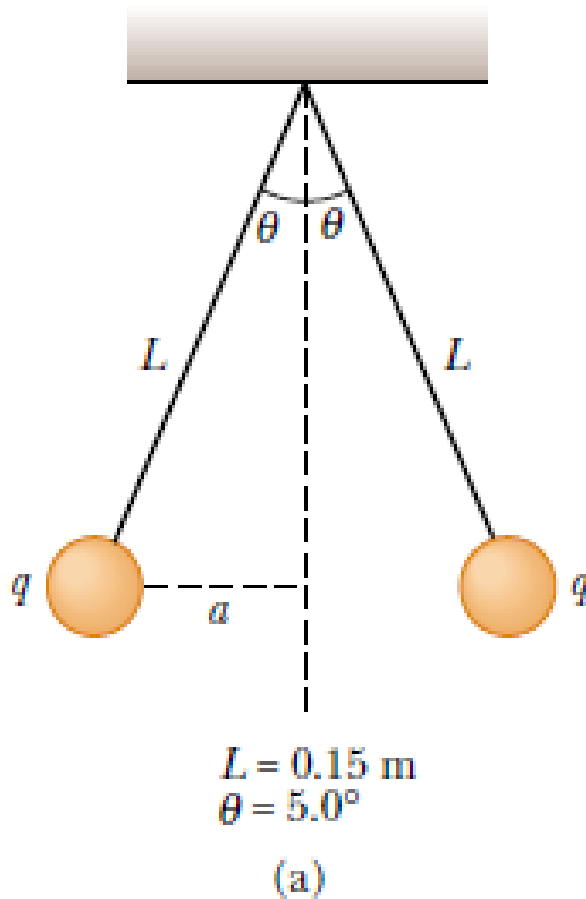
$$F_{13} = F_{23} \quad \text{ise}$$

$$\frac{|q_1|}{(2-x)^2} = \frac{|q_2|}{x^2} \Rightarrow 3x^2 + 8x - 8 = 0$$

ve denklemin pozitif kökü olarak  $x = 0,775 \text{ m}$  bulunur. Eksi kök kabul edilmez, çünkü eksi işareti  $q_3$  yükünün  $q_2$  yükünün solunda olduğu anlamına gelir ki, bu da mümkün değildir.



**Örnek 23-4:** Aynı noktadan asılmış, kütleleri  $3 \times 10^{-2} \text{ kg}$  olan yüklü iki özdeş küre şeklindeki gibi dengededirler. İplerin boyu  $15 \text{ cm}$  ve  $\theta = 5^\circ$  olduğuna göre, kürelerin yükü nedir?



### Çözüm 23-4: Denge durumunda yükler arasındaki uzaklık,

$$a = L \sin \theta$$

olacaktır. Küreler dengede olduğuna göre:

$$\sum F_x = T \sin \theta - F_e = 0$$

$$\sum F_y = T \cos \theta - mg = 0$$

$$F_e = k_e \frac{|q|^2}{(2a)^2}$$

$$T \sin \theta = k \frac{q^2}{(2a)^2} ; T \cos \theta = mg \Rightarrow \tan \theta = \frac{k \frac{q^2}{(2a)^2}}{mg}$$

$$|q| = 4,4 \times 10^{-8} \text{ C}$$

