

9.Sınıf Fizik Elektrostatik Konu Anlatımı

Elektrostatik

- Maddeyi oluşturan atomlar çekirdekte nötron ve proton ile bunların etrafındaki yörüngelerde dolanan elektronlardan oluşur. Bunlardan proton ve elektron elektriksel olarak yüklü, nötron ise yüksüzdür.
- Protonun sahip olduğu elektrik yüküne “ **pozitif (+) yük**” , elektronun sahip olduğu elektrik yüküne ise “ **negatif (-) yük**” denir.
- Bir elektronun sahip olduğu negatif yük miktarı, bir protonun sahip olduğu pozitif yük miktarına eşittir.
- Atomlar eşit sayıda proton ve elektrona sahip olduklarından pozitif ve negatif yük miktarları birbirine eşittir. Böyle atomlara **nötr atom**, nötr atomlardan oluşan cisimlere de **nötr cisim** denir.
- Maddeler elektron kazanarak ya da elektron kaybederek elektrikle yüklenebilir. Elektron kazanarak negatif yük fazlalığı oluşan cisimlere “ **negatif yüklü cisimler**” , elektron kaybederek pozitif yük fazlalığı oluşan cisimlere de “ **pozitif yüklü cisimler**” denir. Elektrik yükü ile yüklenmek ancak elektron geçişi ile olur. Protonların atomlar arasında geçişi söz konusu olmaz.
- Bir cismin elektriksel olarak yüklü olup olmadığını, yüklü ise yükünün cinsini belirlemek için kullanılan aletlere **elektroskop** denir.
- Yükünün cinsi ne olursa olsun elektrik yüklü cisimlerin toprakla temasa geçerek elektriksel olarak nötr hâle geçmelerine **topraklama** denir.
- Elektrikli iletken maddelere **iletken**, elektrikli iletmeyen maddelere de **yalıtkan** denir.
- Aynı cins elektrik yükleri birbirini iter, zıt cins elektrik yükleri birbirini çeker.

Elektriklenme

Elektron kazanma ya da kaybetme şeklinde olan elektriklenme;

1. Sürtme ile elektriklenme
2. Dokunma ile elektriklenme
3. Etki ile elektriklenme olmak üzere üç şekilde gerçekleşebilir.

Sürtme ile Elektriklenme

İki cismin birbirlerine sürtülerek elektrik yükü ile yüklenmelerine sürtme ile elektriklenme denir. Sürtme ile elektriklenen iki cisim eşit miktarda ve zıt cins elektrik yükü ile yüklenir.

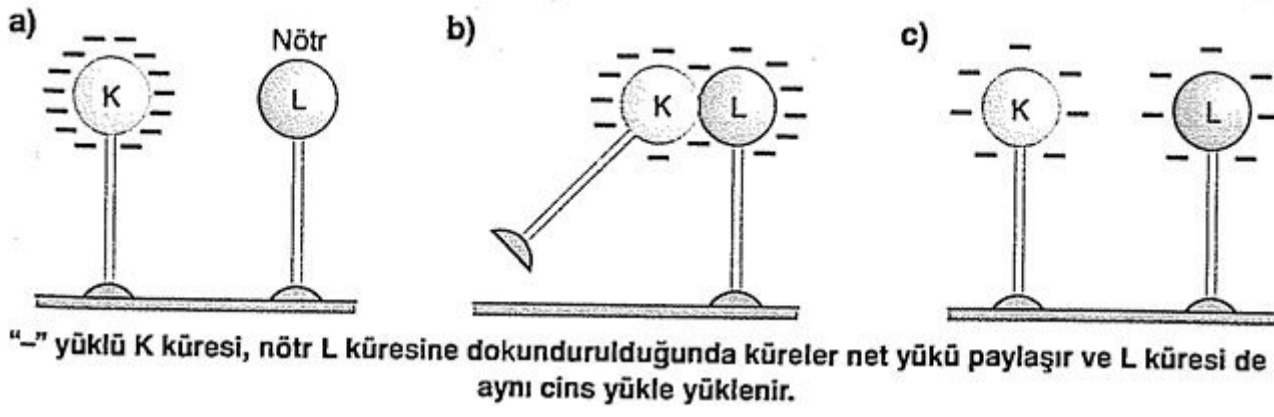
Bazı cisimler birbirlerine sürtüldüklerinde yüklenirler.

Bir ebonit çubuk yün kumaşa sürtüldüğünde, yün atomlarından ebonit atomlarına elektron geçer. Bu durumda elektron kazanan ebonit çubukta elektron fazlalığı olduğu için yükle yüklenmiş olur. Elektron kaybeden yün kumaşa ise elektron eksikliği olduğu için “+” yükle yüklenmiş olur.

İpek kumaşa sürtülen cam çubuk ise “+” yükle yüklenirken, ipek kumaş yükle yüklenir.

Dokunma ile Elektriklenme

İletken iki cisim birbirlerine dokundurulduğunda toplam (net) elektrik yüklerini paylaşımlarına dokunma ile elektriklenme denir. Dokunma ile elektriklenen iki cisim aynı cins elektrik yükü ile yüklenirler. Yüklü bir iletken cisim, yüklü veya yüksüz, başka bir iletken cisme dokundurulduğunda toplam (net) yüklerini paylaşırlar.



Örneğin Şekil-a'daki gibi yüklü K küresi, nötr L küresine dokundurulduğunda küreler net yükü paylaşırlar. Bu işlemin sonunda iki küre de elektrik yükü ile yüklenmiş olurlar.

Cisimlerin Yük Paylaşımı

Dokunma ile elektriklenmede cisimler net yükü yüzey alanlarının büyüklükleri ile orantılı olarak paylaşırlar. Yük paylaşımında, yüzey alanı büyük olan cisimler, yüzey alanı küçük olanlardan daha fazla yük alırlar.

Özdeş Cisimlerin Yük Paylaşımı

Özdeş cisimler net yükü eşit olarak paylaştıklarından cisimlerin son yüklerinin işareti aynı, miktarı eşit olur.

ÖRNEK :

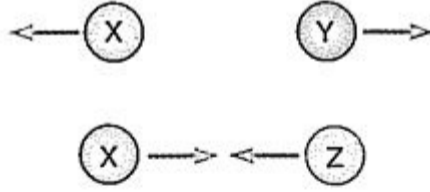
X, Y ve Z küreleri elektrikle yüklenmiştir. X küresi Y küresini itmekte, Z küresini ise çekmektedir.

Y küresinin yükü pozitif olduğuna göre, X ve Z kürelerinin yüklerinin işaretleri nedir?

	X	Z
A)	+	-
B)	-	+
C)	+	+
D)	-	-
E)	0	-

ÇÖZÜM :

Aynı yüklü cisimler birbirlerini iter, zıt yüklü cisimler ise birbirlerini çeker. X küresi Y küresini ittiğine göre, X ile Y nin yükü aynı işaretlidir. Y ninki pozitif ise X inki de pozitiftir. X küresi, Z küresini çektiğine göre, yükleri zıt işaretlidir. X inki pozitif olduğuna göre, Z ninki de negatiftir.



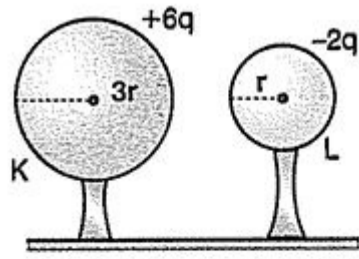
Buna göre; X → +

Z → - işaretlidir.

Cevap A

ÖRNEK :

Yükleri $+6q$ ve $-2q$ olan $3r$ ve r yarıçaplı iletken K ve L küreleri birbirine dokunduruluyor.



Buna göre,

- I. Küreler arasında yük alışverişi olmaz.
- II. Kürelerin son yük miktarları eşit olur.
- III. K den L ye $-3q$ kadar yük geçişi olur.

yargılarından hangileri doğrudur?

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

ÇÖZÜM :

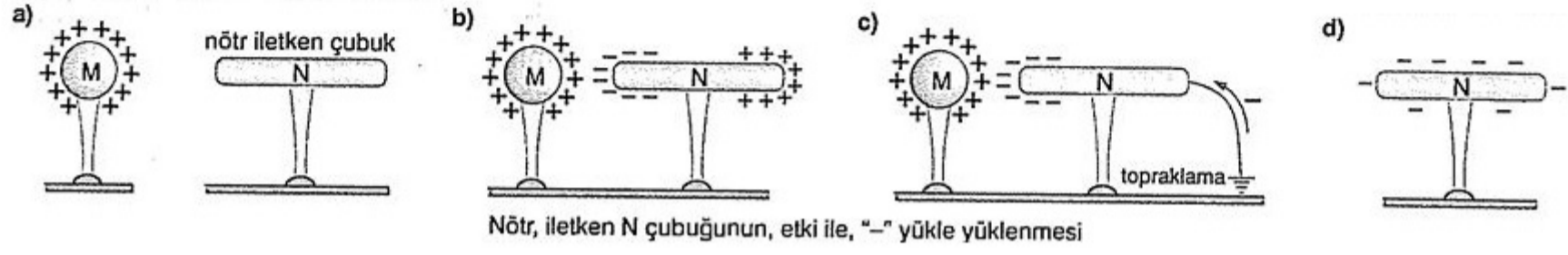
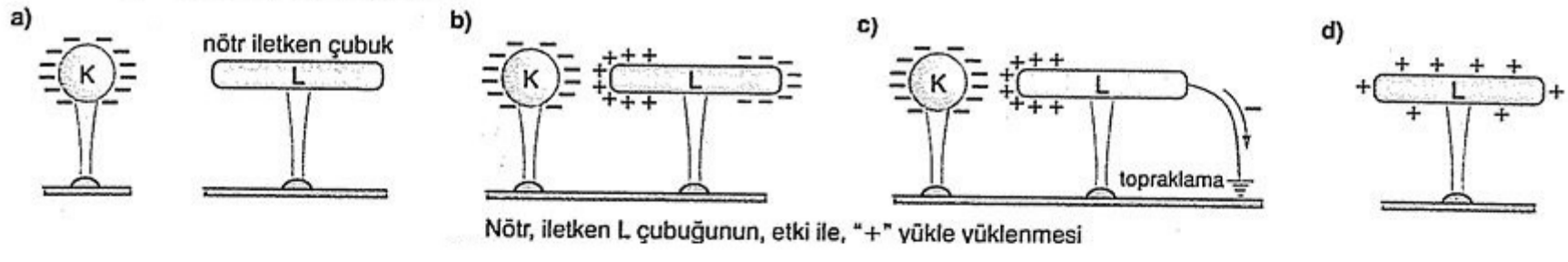
- I. İletken iki cisim birbirine dokununca son yük işaretleri aynı olur. Ya da her iki cisim de nötr olur. Cisimlerin, dokunmadan önceki yük işaretleri farklı olduğuna göre yukarıda söz edilen iki durumdan birinin gerçekleşmesi için küreler arasında yük alışverişi olmalıdır. (I. yanlış)
- II. Dokunma öncesi kürelerin yükleri toplamı $6q + (-2q) = +4q$ dur. Küreler birbirine dokununca $4q$ yükü kürelerin yarıçapları oranınca kürelere dağılır. Buna göre, K nin son yükü $3q$, L nin son yükü q olur. (II. yanlış)
- III. Dokunmadan önce L nin yükü $-2q$, dokunduktan sonra $+q$ dur. Yani L den K ye $-3q$ kadar yük geçişi olmuştur. K den L ye $+3q$ kadar yük geçmiştir ifadesi yanlış olur. Çünkü (+) yükler (protonlar) katı cisimler içinde hareket etmezler. (III. doğru)

Cevap C

Etki ile Elektriklenme

Aynı cins elektrik yüklerinin birbirini ittiğini, zıt cins elektrik yüklerinin ise birbirini çektiğini biliyoruz. Bundan dolayı aynı cins elektrikle yüklü cisimler birbirini iterken zıt cins elektrikle yüklü cisimler de birbirlerini çekerler. Acaba yüklü bir cisimle nötr bir iletken arasında da bir etkileşim olur mu?

Nötr bir iletkenin aslında yüksüz olmadığını, her iki cins elektrik yüküne de sahip olduğunu ve yük miktarı ile “+” yük miktarının birbirine eşit olduğunu biliyoruz. Bu nedenle Şekil-a’daki gibi yüklü bir cisim, nötr bir iletken çubuğun bir ucuna Şekil-b’deki gibi yaklaştırıldığında iletkendeki aynı cins yükleri iletkenin uzak ucuna iterken, zıt cins elektrik yüklerini de kendisine yakın olan uca çeker. Bu durumda iletken çubuğun bir ucunda bir cins elektrik yükleri, diğer ucunda da zıt cins elektrik yükleri toplanmış olur.



Nötr bir iletkenin bir ucunda bir cins yüklerin, diğer ucunda ise eşit miktarda, zıt cins yüklerin toplanmasına kutuplaşma denir.

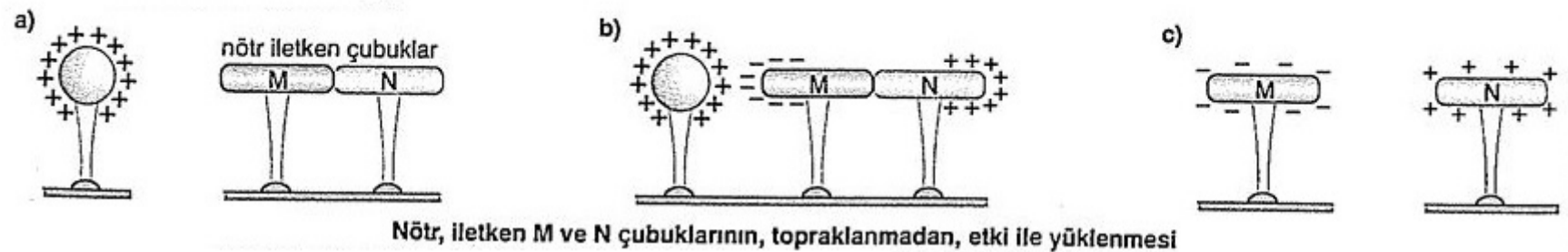
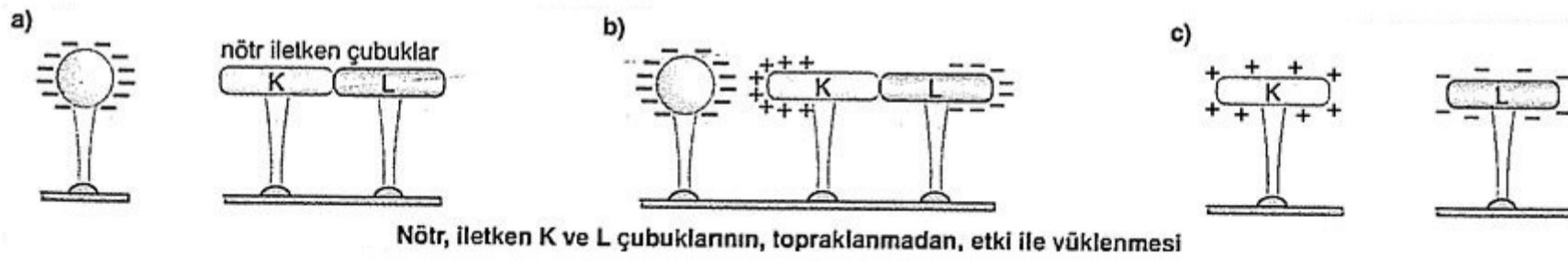
Yüklü cisim ve kutuplaşmış çubuk bu durumdayken, çubuğun uzak ucu Şekil-c'deki gibi topraklandığında nötr hâle geçer. Bu durumdayken, önce toprak bağlantısı kesilir, sonra da yüklü cisim uzaklaştırılırsa iletken çubuktaki yük fazlalığı iletkenin tüm yüzeyinde aynı olur.

Böylece iletken çubuk, yüklü cisimle zıt cins yükle yüklenmiş olur. Bu şekilde; Nötr bir iletkenin, yakınında tutulan yüklü bir cismin etkisi ile elektriklenmesine etki ile elektriklenme denir.

Etki ile elektriklenen cisim, etkiyi oluşturan cismin yüküne zıt elektrik yükü ile yüklenir.

Topraklama Yapılmadan da Etki ile Elektriklenme

Şekil-a'daki gibi uçlarından birbirleriyle temas hâlinde olan iletken, nötr iki çubuktan birinin ucuna yüklü bir cisim yaklaştırıldığında, çubuklar Şekil-b' deki gibi tek bir çubukmuş gibi kutuplanır. Çünkü yüklü küredeki yüklerin ittiği aynı cins yükler gidebilecekleri en uzak yer olan, diğer çubuğun uzaktaki ucuna kaçarlar. Bu durumdayken önce çubuklar birbirinden ayrılır, sonra da yüklü küre, çubuklardan uzaklaştırılırsa, çubuklar üzerindeki yükler tüm yüzeye yayılırlar. Böylece çubuklar Şekil-c'deki gibi zıt cins elektrik yükleriyle yüklenmiş olur.



Elektroskop

Bir cismin yüklü olup olmadığını anlamak, yüklü ise yükünün cinsini belirlemek için kullanılan araca **elektroskop** denir.



Şekillerdeki gibi farklı tiplerde de olsa bir elektroskop temelde şu üç ana kısımdan oluşur:

1. İletken topuz
2. İletken yapraklar
3. Gövde

Elektroskopun, iletken olan topuzu küre ya da disk şeklinde olabilir. İletken olan yaprakları ise çok hafif iki çubuktan olabileceği gibi, altın ya da alüminyumdan yapılmış ince şeritler de olabilir.

Topuz ile yapraklar bir iletkenle birbirine bağlanmıştır. Topuz, yapraklar ve bu ikisini birbirine bağlayan iletkenlerden oluşan parçalar yalıtkan malzemeler yardımıyla, destek görevi gören bir gövdeye sabitlenmiştir. Yaprakların içinde bulunduğu gözde açık olabildiği gibi, hava akımlarından etkilenmemesi için cam ile kaplı da olabilir.

Nötr ve Yüklü Elektroskoplar

Bir elektroskopun net yükü yoksa (nötr, yüksüz ise) yaprakları Şekil-a'daki gibi kapalı durur.

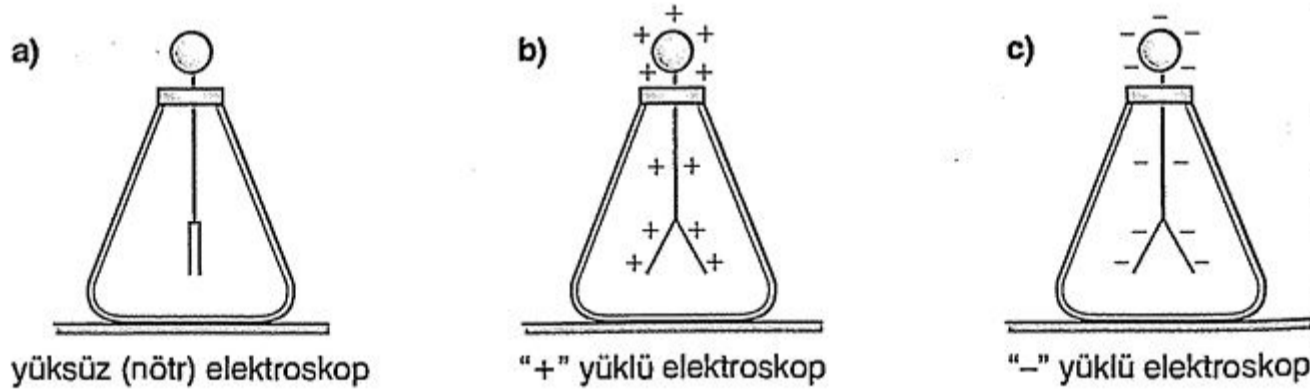
Yüklü bir elektroskopun hem topuzu hem de yaprakları aynı cins yükü yüküdür.

Bu nedenle Şekil-b'deki elektroskop "+" yükü, Şekil-c'deki elektroskop ise yükü yükü olduğundan yapraklar birbirini iter ve açılır.

Bir elektroskopun yükü topuz ve yapraklar tarafından paylaşılır.

Yüklü bir elektroskopun yapraklarının açıklığı yük miktarı ile doğru orantılıdır.

Elektroskopun yükü ne kadar fazla ise yapraklar o kadar çok açılır.



yüksüz (nötr) elektroskop

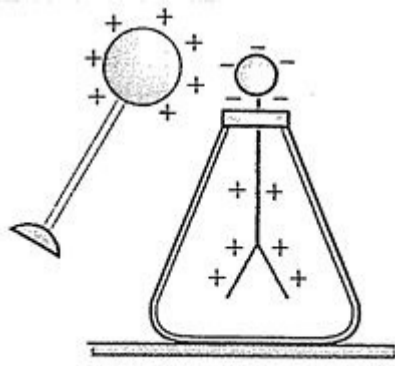
"+" yüklü elektroskop

"-" yüklü elektroskop

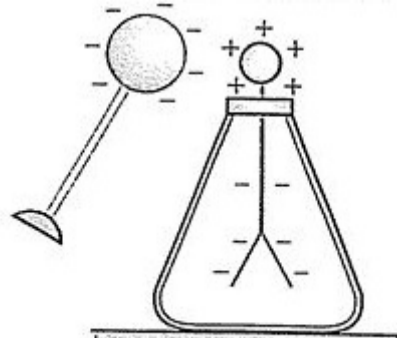
Yüklü Bir Cismin Yüksüz Bir Elektroskoba Yaklaştırılıp Uzaklaştırılması

Yüklü bir cisim yüksüz bir elektroskoba yaklaştırıldığında cisimdeki yükler topuzdaki aynı cins yükleri yapraklara iter, yapraklardaki zıt yükleri topuzda çeker. Böylece aynı cins yükü yüklenen yapraklar birbirini iter ve açılır.

Yüklü cisim elektroskoptan uzaklaştırıldığında, yükler ilk konumlarına geleceğinden yapraklar kapanır. Yük alışverişi olmadığından elektroskop nötr kalır.



"+" yüklü cismin nötr elektroskoba yaklaştırılması

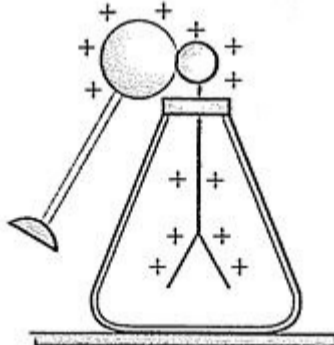


"-" yüklü cismin nötr elektroskoba yaklaştırılması

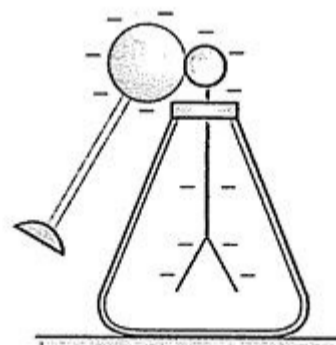
Yüklü Bir Cismin Yüksüz Bir Elektroskoba Dokundurulması

Yüklü bir cisim yüksüz bir elektroskoba dokundurulduğunda, yükünü elektroskopa paylaşır. Cisimle elektroskobun son yüklerinin işareti, cismin ilk yükünün işareti ile aynı olur.

- Yüklü cisim dokundurulduğunda cismin yükü paylaşılır.
- Yüklü cisim uzaklaştırıldığında hem cisim hem de elektroskop aynı cins yüklerle yüküdür.



"+" yüklü cismin nötr elektroskoba dokundurulması



"-" yüklü cismin nötr elektroskoba dokundurulması

Yüklü Bir Cismin Yüklü Bir Elektroskoba Yaklaştırılması

Yüklü bir cisim aynı cins yüklerle yüklü bir elektroskoba yaklaştırıldığında, cisimdeki yükler topuzdaki aynı cins yüklerin bir kısmını daha yapraklara iter.

Böylece yeni gelen aynı cins yüklerin etkisi ile yapraklar biraz daha açılır.

Yüklü cisim elektroskoptan uzaklaştırıldığında, yükler ilk konumlarına geleceğinden yaprakların açıklığı da ilk durumdaki gibi olur. Yük alışverişi olmadığından elektroskobun yükü aynı kalır.

Yüklü bir cisim zıt cins yüklerle yüklü bir elektroskoba yaklaştırıldığında ise, cisimdeki yükler yapraklardaki zıt cins yüklerin bir kısmını daha topuza çeker.

Böylece yapraklarda yük azaldığından yapraklar biraz kapanır. Ancak topuza çekilen yük miktarına bağlı olarak yapraklar tamamen kapanabilir ya da kapanıp açılabilir.

Yüklü Bir Cismin Yüklü Bir Elektroskoba Dokundurulması

Yüklü bir cisim, kendisi ile eşit miktarda ve zıt yüklü bir elektroskoba dokundurulduğunda net yük sıfır olduğundan hem cisim hem de elektroskop nötr olur. Yüklü bir cisim, farklı miktarda ve zıt yüklü bir elektroskoba dokundurulduğunda farklı sonuçlar elde edilebilir.

- Cismin yükü elektroskobun yükünden büyükse net yük paylaşıldıktan sonra elektroskop da cismin yük cinsi ile yüklenmiş olur. Bu sırada elektroskobun yaprakları önce kapanmış, sonra açılmıştır.
- Cismin yükü elektroskobun yükünden küçükse net yük paylaşıldıktan sonra cisim de elektroskobun yük cinsi ile yüklenmiş olur. Bu sırada elektroskop yük kaybettiği için, yaprakları biraz kapanmıştır.

Yüklü bir cisim, aynı cins yüklerle yüklü bir elektroskoba dokundurulduğunda da farklı sonuçlar elde edilebilir.

- Dokunma sonunda cismin ve elektroskobun yüklerinin işareti değişmez.
- Cismin ve elektroskobun son yük miktarları her ikisinin yük taşıma kapasitelerine bağlıdır. Cisim ve elektroskop net yükü paylaşır. Paylaşım sonunda yükleri aynı kalabilir (yaprak açıklığı değişmez), cisimden elektroskoba yük geçişi olabilir (yapraklar biraz açılır) ya da tam tersi olarak elektroskoptan cisme yük geçişi olabilir (yapraklar biraz kapanır).

Elektrik Yüklerinin Korunumu

Elektriklenme olaylarının yalnızca elektronların alınıp verilmesiyle gerçekleştiğini öğrendik. Yani nötr bir maddenin atomları elektron kaybettiğinde pozitif yükleri, negatif yüklerinden daha fazla olduğu için pozitif yüklerle yüklenmiş olur. Nötr bir maddenin atomları elektron kazandığında ise negatif yükleri, pozitif yüklerinden daha fazla olduğu için pozitif yüklerle yüklenmiş olur.

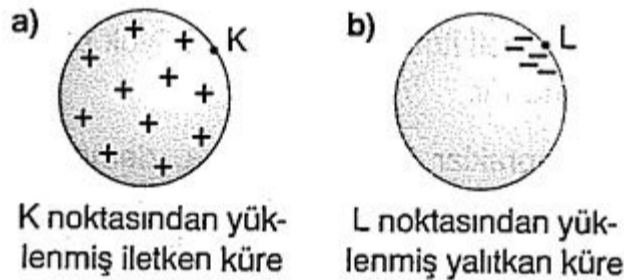
Tüm bu elektriklenme olaylarında geçerli olan evrensel bir prensip vardır. Bu prensip şu şekilde ifade edilir:

Elektriklenme olaylarında yükler, maddeler arasında yer değiştirirse de evrendeki toplam yük miktarı sabittir ve değişmez. Buna **yüklerin korunumu yasası** denir.

Yüklerin korunumu yasası, enerjinin korunumu yasası gibi evrendeki temel fizik yasalarından biridir. Bu prensibe göre, dışarıyla ilişkisi olmayan kapalı bir sistemdeki elektriklenme olaylarında, kazanılan ve kaybedilen yükler birbirine eşittir. Evren de kapalı bir sistem olduğundan evrendeki tüm yük alışverişlerinde toplam yük korunur. Evrendeki net yük sabit ve sıfırdır.

İletkenler ve Yalıtkanların Yük Dağılımları

İletkenleri yalıtkanlardan ayıran en önemli elektriksel özellikleri serbest elektronlarının olmasıdır. Bir iletkenin herhangi bir bölgesi yüklendiğinde, serbest elektronlar sayesinde bu yük iletkenin yüzeyine yayılır. Örneğin bu iletken bir küre ise Şekil - a'daki gibi kürenin tüm yüzeyi aynı şekilde yüklenir. Yani kürenin tüm yüzeyindeki yük dağılımı (elektron fazlalığı ya da eksikliği) aynı olur.



Yalıtkanlarda ise serbest elektronlar bulunmadığından, yalıtkanın bir bölgesi yüklendiğinde bundan yalıtkanın diğer bölgeleri etkilenmez. Yani Şekil - b'deki gibi yalıtkan bir küredeki elektron fazlalığı ya da eksikliği bölgesel olur ve yalnızca o bölgede kalır.

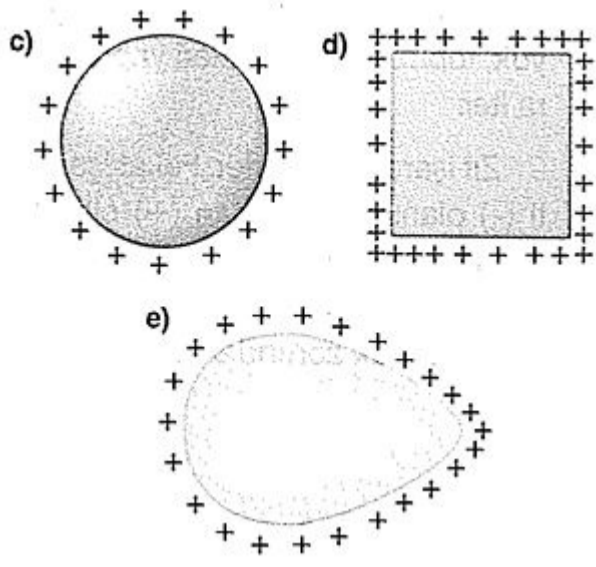
İletkenlerin Fazlalık Yükleri Dış Yüzeylerinde Bulunur

İletkenlerde bulunan serbest elektronlar, yüklerin dağılımında da etkilidir.

Yüklü bir iletkendeki yükler iletkenin dış yüzeyinde bulunur. Örneğin yüklü bir iletkendeki fazlalık elektronlar birbirlerini iterek uzaklaşmak isterler. Bu elektronların gidebilecekleri en uzak nokta dış yüzeydir.

Yüklü İletkenlerin Sivri Uçlarında Daha Fazla Yük Toplanır

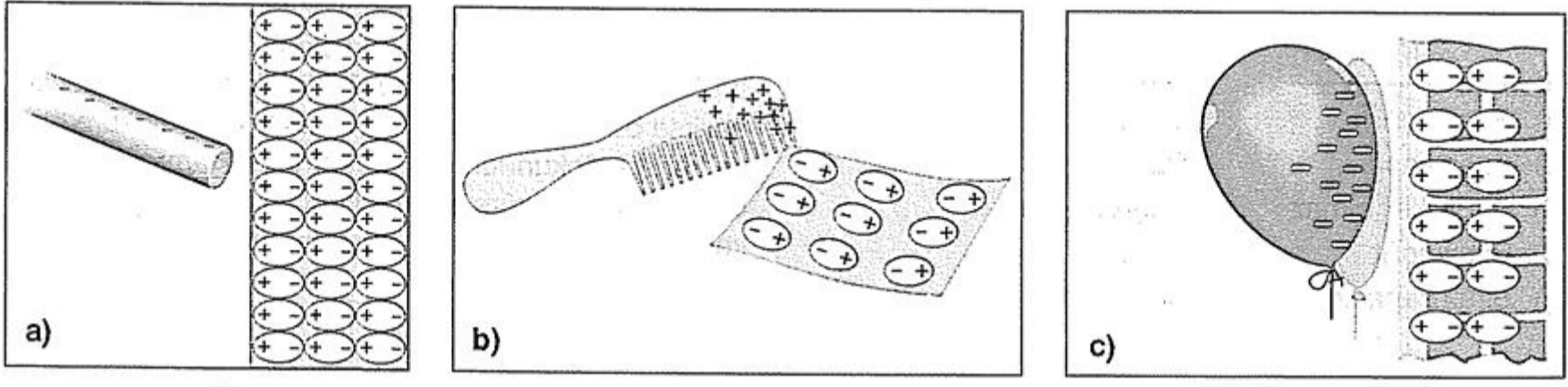
Yüklü bir iletkenin fazlalık yüklerinin yüzeydeki dağılımı iletkenin şekline göre değişir. Sivri kenarları ve uçları olan cisimlerin fazlalık yükleri bu uç kısımlarda daha fazla toplanır. Farklı geometrik şekilli bazı iletken cisimlerin yüzeylerindeki yük dağılımı Şekil c, d ve e'deki gibi olur. İletkenlerin sivri kenarlarında daha fazla yük birikmesinin, aynı cins yüklerin birbirlerini itmesinden başka, daha sonra açıklayacağımız sebepleri de vardır.



Yalıtkan Yüzeylerin Etki ile Kutuplaşması

Aşağıdaki şekillerde yüklü çubuk, tarak ve balonun, yakınlarında buldukları nötr ve yalıtkan yüzeylerde sebep oldukları kutuplaşmalar görülüyor.

Şekillerdeki gibi oluşan kutuplaşmalar sonucunda, yüklü cisim ile yakınındaki yüzey arasında oluşan çekim kuvveti, tarağın kâğıt parçalarını çekerek üzerine yapıştırması ya da balonun duvara yapışması gibi sonuçlar da doğurabilir.

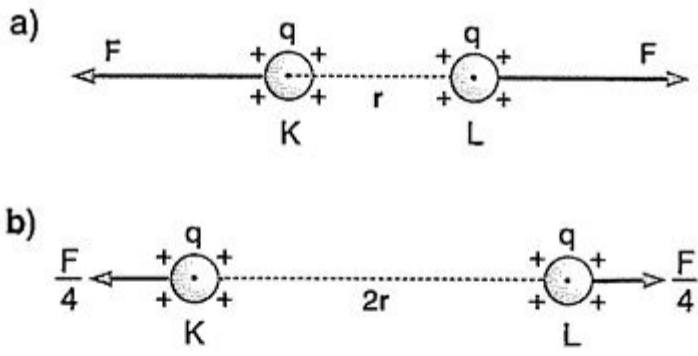


Yüklü cisimler, yakınında buldukları yalıtkan yüzeylerdeki atomların kutuplaşmasına sebep olur.

Elektriksel Kuvvet

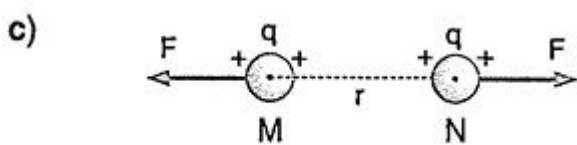
Aynı tür yüklerin birbirini ittiğini, zıt yüklerin birbirini çektiğini öğrendik. Bu itme veya çekme kuvvetlerinin, yükler arasındaki uzaklıkla ve yük miktarları ile nasıl ilişkili olduğunu yukarıdaki deneyle inceledik.

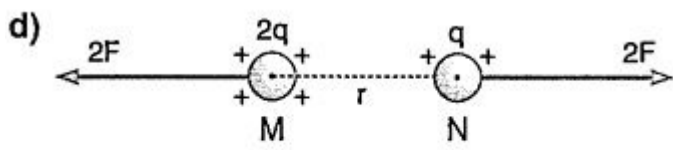
Yükler Arasındaki Uzaklığın Elektriksel Kuvvete Etkisi



Noktasal iki yük arasındaki uzaklık arttıkça yükler arasındaki elektriksel kuvvet azalır.

Şekil - a'daki gibi, yükleri eşit olan K ve L gibi noktasal iki cisim arasındaki elektriksel kuvvet, yük merkezleri arasındaki uzaklığa bağlıdır. Yük merkezleri arasındaki uzaklık r iken yüklerin birbirlerine uyguladıkları elektriksel kuvvet F dir. Yük merkezleri arasındaki uzaklık Şekil - b deki gibi $2r$ ye çıkartıldığında ise yüklerin birbirlerine uyguladıkları elektriksel kuvvet $F/4$ olur.

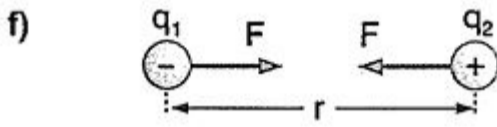
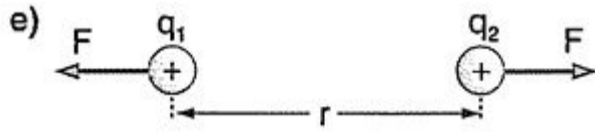




Noktasal yük miktarları arttıkça yükler arasındaki elektriksel kuvvet de artar.

Şekil - c deki gibi yükleri eşit olan K ve L gibi noktasal iki cisim arasındaki elektriksel kuvvet, yük miktarlarına bağlıdır. Cisimlerin yükleri q iken birbirlerine uyguladıkları elektriksel kuvvet F dir. Cisimlerden birinin yükü Şekil - d deki gibi 2q ya çıkartıldığında ise yüklerin birbirlerine uyguladıkları elektriksel kuvvet 2F olur.

Evrende var olan bu ilişki deneysel olarak 1785 yılında fizikçi Charles Coulomb (Kulon) (1736-1806) tarafından ispatlanmıştır. Coulomb'un anısına, onun ismi ile anılan bu yasa şu şekildedir: Noktasal iki yük arasındaki elektriksel kuvvet, yüklerin çarpımı ile doğru, aralarındaki uzaklığın karesi ile ters orantılıdır.



Yük merkezleri arasındaki uzaklık r olan q_1 ve q_2 yüklerinin birbirlerine uyguladıkları kuvvetler

Yükleri q_1 ve q_2 , yük merkezleri arasındaki uzaklık r olan iki yük arasındaki, Şekil - e deki gibi itme ya da Şekil - f deki gibi çekme kuvveti matematiksel bir eşitlik olarak,

$$F = k \cdot \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \quad \text{şeklinde ifade edilir.}$$

Bağıntıdaki k sabitine **Coulomb sabiti** denir. Coulomb sabiti ortama bağlıdır. Hava ve boşluk ortamındaki değeri;

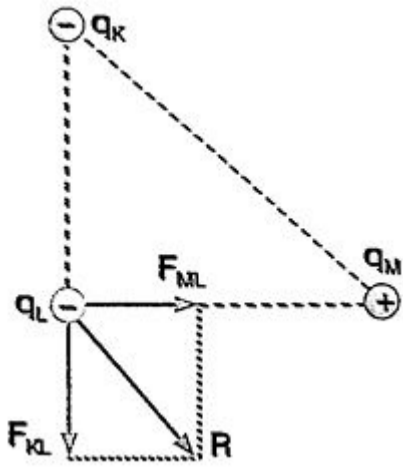
$$k \cong 9 \cdot 10^9 \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{C}^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \quad \text{olur.}$$

Coulomb sabitindeki ϵ_0 , boş uzayın elektriksel geçirgenliği olarak ad-

landırılır ve değeri; $\epsilon_0 \cong 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{C}^2}{\text{N} \cdot \text{m}^2}$ dir.

Birden Fasla Kuvvetin Etkisi Altındaki Yükler

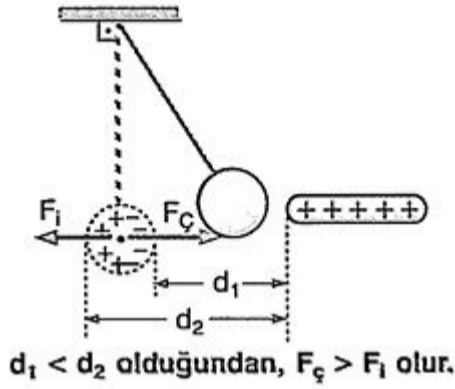
Noktasal yükler her zaman karşımıza ikili çiftler hâlinde çıkmaz. Kimi zaman da ikiden fazla yükün oluşturduğu bir sistemle karşılaşabiliriz. Böyle durumlarda sistemdeki her bir yüke etkiyen bileşke elektriksel kuvveti hesaplamamız gerekebilir. Elektriksel kuvvet de diğer kuvvetler gibi vektöre! bir büyüklük olduğu için, vektörel toplama işlemi yapmamız gerekir.



Örneğin şekildeki yüklü q_K ve q_L yükleri ile "+" yüklü q_M yükünün oluşturduğu gibi bir sistemde q_L yüküne etki eden R bileşke kuvveti şekilde belirtilen F_{ML} ve F_{KL} kuvvetlerinin vektörel toplamından bulunur.

Yüklü bir cisim yüksüz bir cisme yaklaştırıldığında nötr cismi etki ile elektrikleterek kendine doğru çeker. Bunun nedeni nötr cisim üzerindeki yük gruplaşmasıdır. Eğer çekilen cisim yüklü cisme dokunursa ikisi de aynı cins yükle yükleneceğinden birbirini iterler. Cisimlerin birbirini itmesi ise mutlaka her iki cismin aynı cins yükle yüklü olması halinde gerçekleşir.

Asılı Yüklerin Etkileşimi



Şekildeki gibi yalıtkan iplikle asılmış q_1 ve q_2 yüklü cisimler birbirlerini iterek dengeye geldiklerinde cisimlerin yüklerinin büyüklükleri ne olursa olsun birbirlerine uyguladıkları elektriksel kuvvetlerin büyüklükleri eşittir.