

1. BÖLÜM

ELEKTROSTATİK

Yazar: Dr. Tayfun Demirtürk

E-posta: tdemirturk@pau.edu.tr

ELEKTROSTATİK: Durgun yüklerin etkilerini ve aralarındaki etkileşmeleri inceler.

- Doğada iki çeşit elektrik yükü bulunur:

(+) Yükler

proton (p)
pozitron (e^+)

(-) Yükler

elektron (e^-)

- Doğada bulunan en küçük elektrik yükü, bir Elektronun yüküdür ve tüm yükler bir elektron yükünün tam katları şeklindedir.

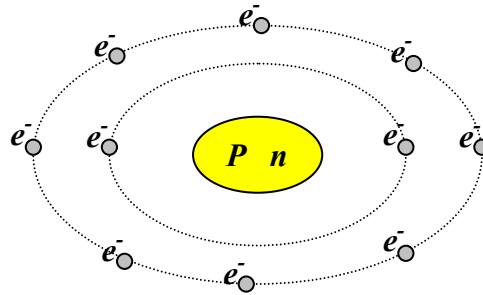
$$1 e^- = 1.6 \times 10^{-19} \text{ Coulomb (C)}$$

$$q = n \cdot e$$

- Elektrik yükleri arasında meydana gelen elektriksel kuvvet kendisini itme veya çekme kuvveti olarak gösterir.

- Zıt işaretli elektrik yükler birbirini çeker,
- Aynı işaretli elektrik yükler birbirlerini iterler.
- $1 e^- = -1.6 \times 10^{-19} \text{ Coulomb (C)}$
- $1 e^+ = +1.6 \times 10^{-19} \text{ Coulomb (C)}$
- $1 p = +1.6 \times 10^{-19} \text{ Coulomb (C)}$
- $1 m_e^- = 1 m_e^+ \quad \text{ve} \quad 1 m_p = 1 m_n$
- $1 m_p / 1 m_e \approx 1840$

Basit Atom Modeli:

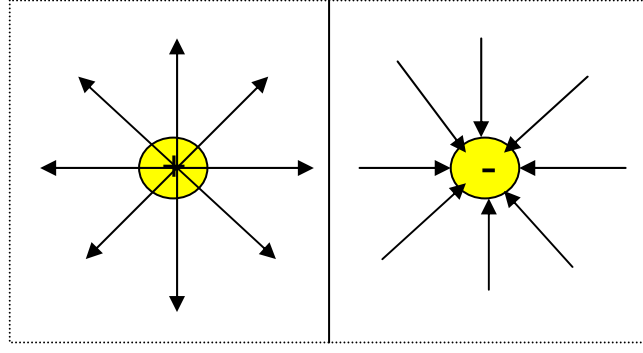


Nötr bir atomda: $n_{\text{proton}} = n_{\text{elektron}}$

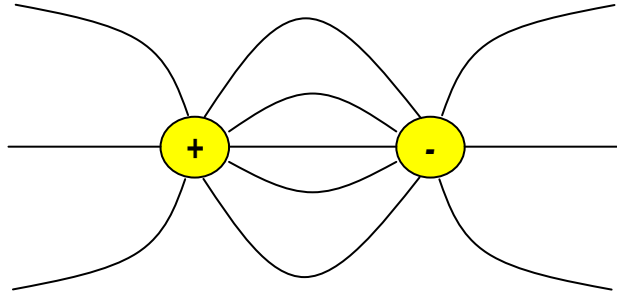
$Z(\text{atom numarası}) = n_{\text{proton}}$

$A(\text{kütle numarası}) = n_{\text{proton}} + n_{\text{nötron}}$

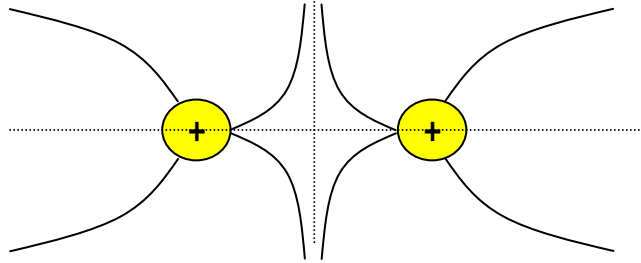
Durgun elektrik yüklerinin etrafında bir elektrik alan vardır ve bu elektrik alan çizgileri:



Zıt yükler birbirlerini çekerler: zıt yüklerin elektrik alan çizgileri sonsuz uzayda birleşirler.



Aynı işaretli yükler birbirlerini iterler: aynı işaretli yüklerin elektrik alan çizgileri sonsuz uzayda asla birleşmezler, birbirlerinden uzaklaşırlar.



- Doğadaki tüm elektriksel olaylar elektronlar tarafından gerçekleştirilir. Sakın protonları ya da atom çekirdeğini hareket ettirmeyin, niye?
- Maddeleri elektrik geçirgenliklerine göre 3 sınıfa ayırabiliriz.
 1. İletkenler: *metaller*,.....
 2. Yarı iletkenler: *Si, Ge*,.....
 3. Yalıtkanlar: *kağıt, cam, plastikler*
- Üç tür elektriklenme çeşidi vardır. Bunlar: etkiyle, dokunmayla ve sürtünmeyle.

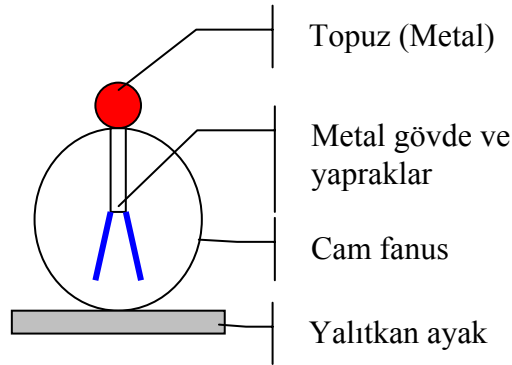
Yüklerin Korunumu Kanunu:

Kapalı bir sistemde toplam yük daima sabittir, yani: Kapalı bir sistemde etkileşmeden önceki yüklerin toplamı, etkileşmeden sonraki yüklerin toplamına eşittir. İşte bu olaya yüklerin korunumu kanunu denir.

$$\Sigma q_{\text{önce}} = \Sigma q_{\text{sonra}}$$

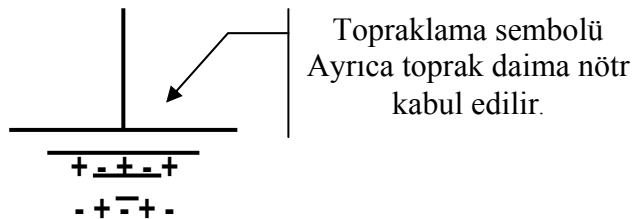
Elektrik yükü skaler bir ifadedir. Yüklerin toplamı işleminde yüklerin işaretini işlemin içine dâhil ederiz. Tüm skaler işlemlerde de yüklerin işareti işleme dâhil edilirler ancak vektörel işlemlerde vektörün büyüklüğü hesaplanırken yüklerin işareti işleme dâhil edilmezler sadece yön tayininde kullanılırlar.

Elektroskop: Bir cismin yüklü olup olmadığını veya sınaama yükü yardımıyla yüklü cismin yükünün cinsini (işaretini) tanımamıza yardımcı olan alete denir.

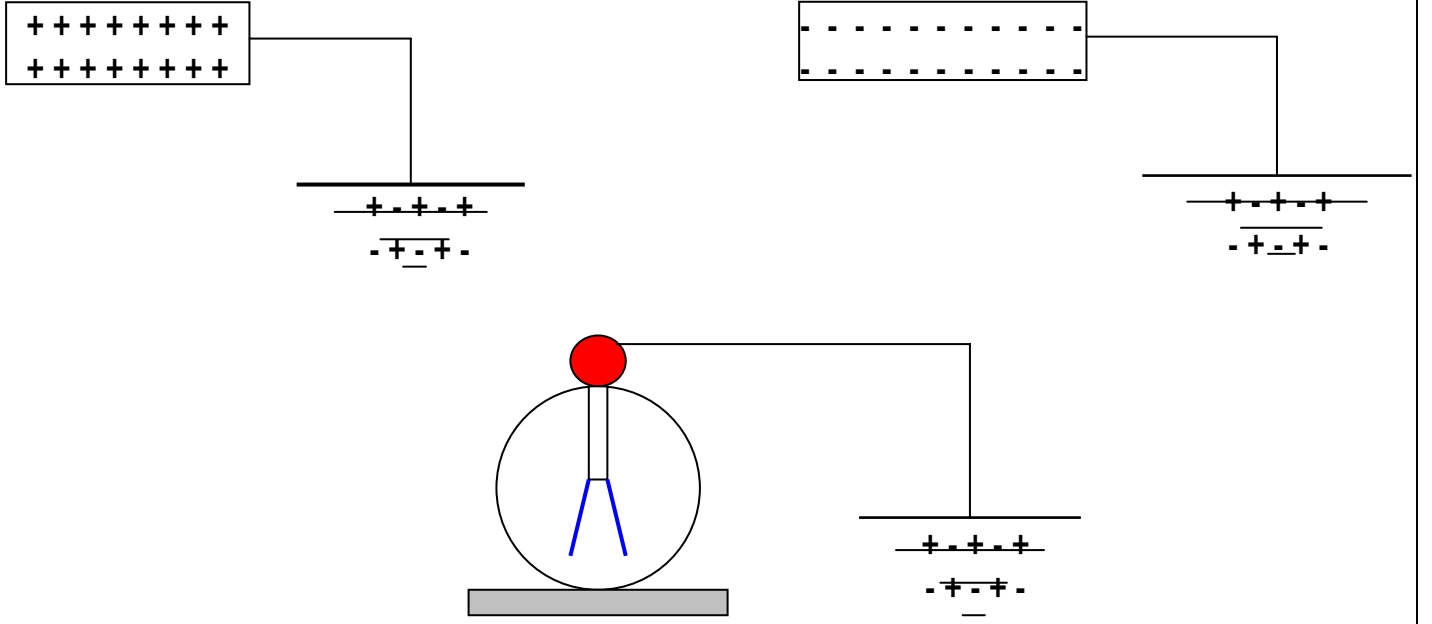


Topuz hangi cins elektrik yükü ile yüklenirse yapraklarda aynı cins elektrik yükü ile yüklenir ve açılırlar, açıklık miktarı yük miktarı ile doğru orantılıdır.

Topraklama: Yüklü ve iletken bir cismin üzerindeki elektrik yüklerinin, cisim ve dünya (toprak) arasında bağlanan iletken bir kablo aracılığıyla nötr yapılması olayına topraklama denir. Topraklama bir nevi çok küçük yarıçaplı iletken ve yüklü bir kürenin çok büyük yarıçaplı iletken yüklü veya yüksüz iletken bir küreye dokundurulması sonucu yüklerinin tamamını bu küreye aktarması olayına benzetilebilir.



Tekrar hatırlatıyorum tüm elektriksel olaylar elektronlar tarafından meydana getirilir.



- İletken ve yüklü bir cismin yükleri daima iletken cismin dış yüzeyine (eş-potansiyel, cismin içindeki elektrik potansiyel yüzeye kadar sabit ve her yerde aynı, olarak) dağılırlar, cisim ister dolu olsun isterse boş. İletken bir cismin içindeki toplam yük daima sıfırdır, dolayısıyla elektrik alanda.

$$\begin{aligned}\Sigma q_{i\text{ç}} &= 0 \\ V_{i\text{ç}} &= \text{sabit} \\ E_{i\text{ç}} &= 0\end{aligned}$$

- Nötr bir cisim e^- kazanırsa cisim (-) yüklenir
- Nötr bir cisim e^- kaybederse cisim (+) yüklenir

Sürtünme ile elektriklenme:

Nötr iki cisim birbirlerine sürtülürse, sürtünme sırasında cisimlere bir ısı enerjisi aktarılır, aktarılan bu enerji cisimlerin birindeki zayıf bağlı ya da serbest durumdaki elektronların bir kinetik enerji kazanmasına sebep olur, işte serbest kalan bu elektronlar diğer cisme geçerek bir cismin elektron kaybetmesine (cismin + ile yüklenmesine) bu elektronu alan cisminde elektron kazanmasına (cismin - ile yüklenmesine) sebep olurlar. Bu olayda yüklerin korunumu kanununa göre: kaybedilen elektron sayısı, kazanılan elektron sayısına eşit olmalıdır.

Yani,

$$\Sigma q_{\text{önce}} = \Sigma q_{\text{sonra}}$$

Etki ile elektriklenme:

Elektriksel bir kuvvetin etkisi altında kalan yüklü cisimler ve elektrik yükleri harekete zorlanır, üzerine etkiyen bileşke kuvvet doğrultusu ve yönünde. Örnekler:

++++++

+ - + - + - + -

.....

+ - + - + - + -

++++++

.....

++++++

+ - + - + - + -

.....

+ - + - + - + -

++++++

.....

++++++

+ - + - + - + -

.....

+ - + - + - + -

++++++

.....

.....

+ - + - + -

.....

++++++

+ - + - + - + -

.....

.....

++++++

+ - + - + -
- + - + -

.....

+ - + - + - + -

.....

+ - + - +
- + - + -

++++++

+ - + - + - + -

++++++

+ - + - +
- + - + -

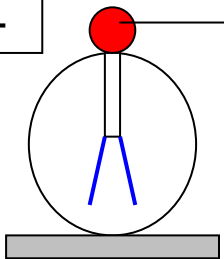
.....

+ - + - + - + -

.....

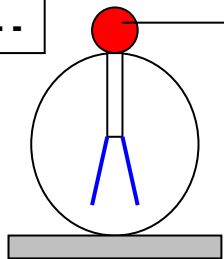
+ - + - +
- + - + -

++++++



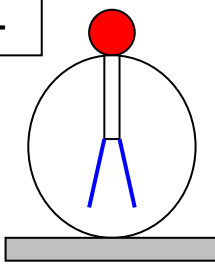
+ - + - +
- + - + -

.....

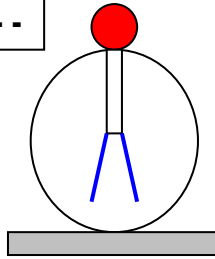


+ - + - +
- + - + -

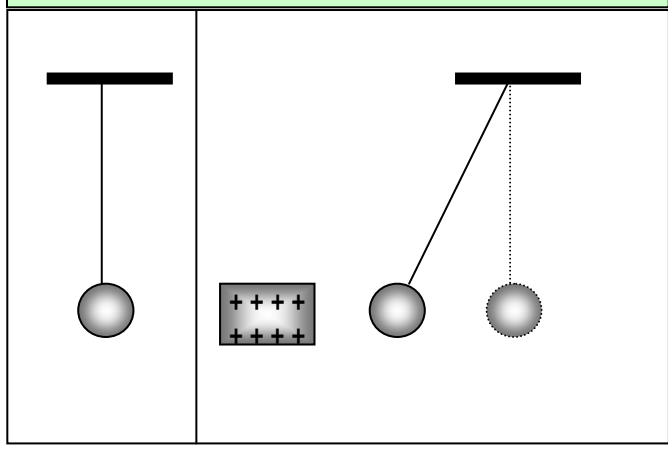
++++++



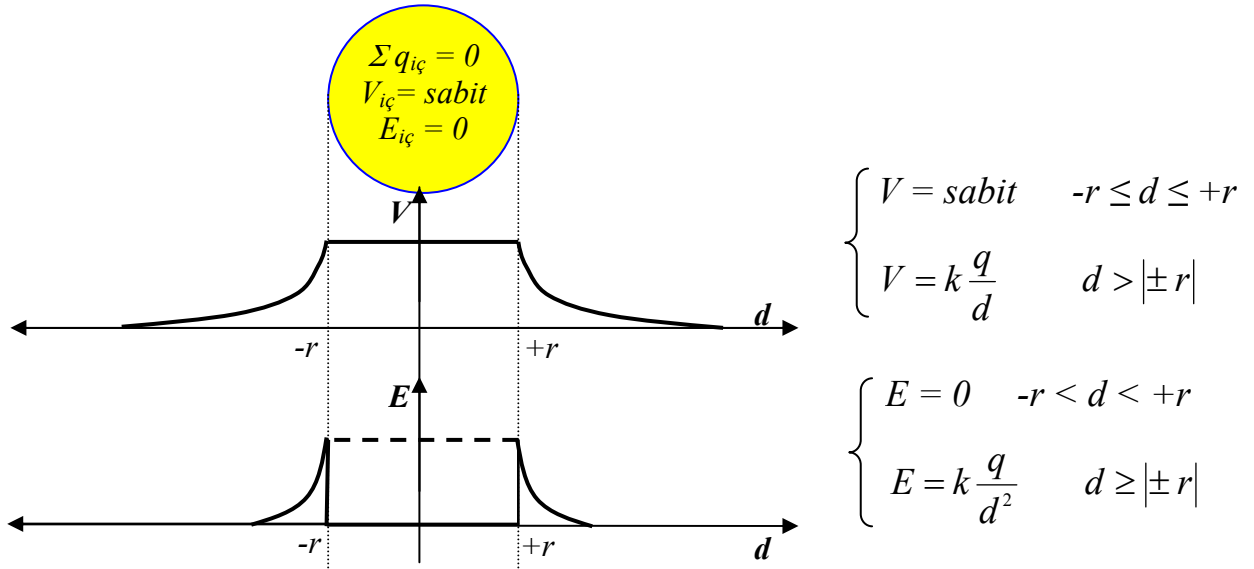
.....



Not: Yüklü bir cisim yüksüz iletken bir cismi çeker, nasılını?



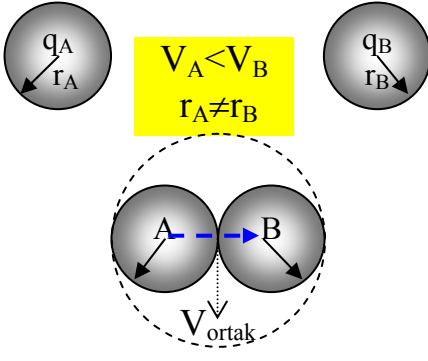
• **Yüklü iletken bir cismin Elektrik Alan ve Elektrik Potansiyeli:**



Dokunma ile elektriklenme:

- Birbirlerine dokundurulan farklı yüzey potansiyellerine sahip, yüklü ve iletken iki cisim birbirlerine sadece dış yüzeyleri temas edecek şekilde dokundurulurlarsa, dokunma noktalarında ortak bir potansiyele sahip oluncaya kadar aralarında bir yük (elektron) geçişi olur.
- Cisimler ortak potansiyele ulaştıklarında aralarındaki yük (elektron) geçişide durur. İşte bu durumda cisimlerin yüzeylerindeki elektrik potansiyelleri birbirine eşittir.
- Dolayısıyla, eğer dokunma olayı gerçekleşmeden önce cisimlerin yüzey potansiyelleri birbirine eşit ise bu cisimler birbirlerine dokundurulduklarında aralarında bir yük (elektron) geçişi olmayacaktır.
- Elektron daima alçak potansiyelden yüksek potansiyele doğru hareket eder.
- Eğer, yüklü ve iletken bir (A) cisminin dış yüzeyi yüklü ya da yüksüz iletken başka bir (B) cisminin iç yüzeyine dokundurulursa, cisimlerin geometrik yapıları ve yüklerinin miktarı ne olursa olsun A cismi yüklerinin tamamını B cismine aktarır.
- Yüklü ve iletken bir cisim yüksüz ve iletken bir cisme dokundurulursa, başlangıçta yüksüz olan cisimde aynı cins elektrik yükü ile yüklenir.
- Tüm yukarıdaki olayların gerçekleşmesi esnasında yüklerin korunumu kanununa uyulur yani toplam yük daima sabit kalır.

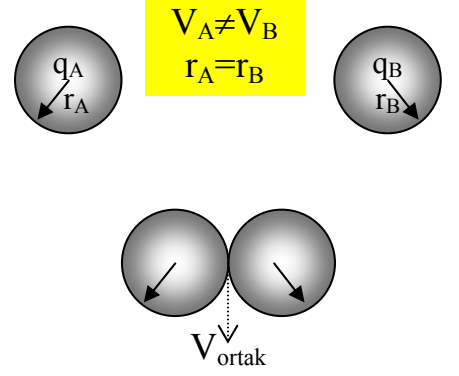
Dokunma ile elektriklelenme: Küresel ve iletken cisimlerin dış yüzeylerinin birbirine temas ettirilerek elektriklenmesi:



Not: şekillerde görüldüğü gibi, küresel simetrinin olduğ durumlarda, toplam yük iletken kürelerin r yarıçapları ile doğru orantılı olarak paylaştırılır.

$$q'_A = \frac{\sum q}{\sum r} r_A$$

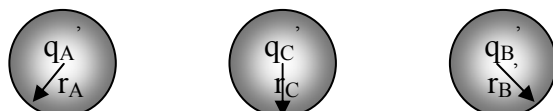
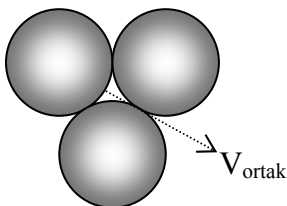
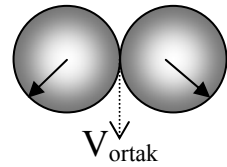
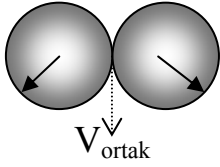
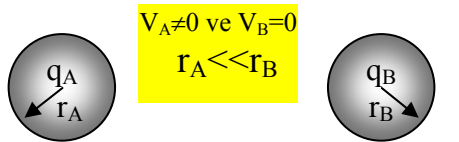
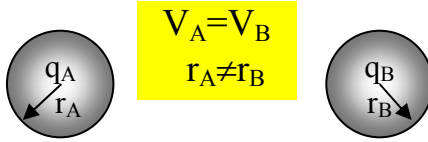
$$q'_B = \frac{\sum q}{\sum r} r_B$$



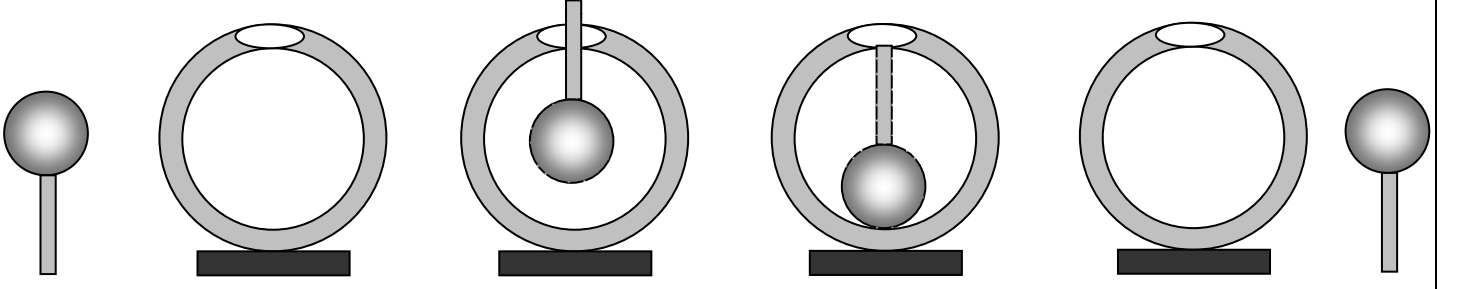
Ayrıca yüklerin korunumu kanunu uyarınca:

$$q_A + q_B = q'_A + q'_B$$

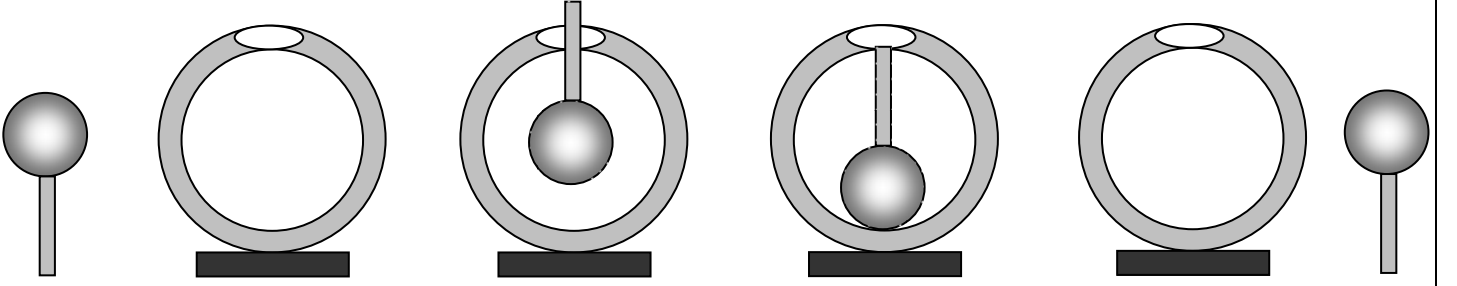
olduğ unutulmamalıdır



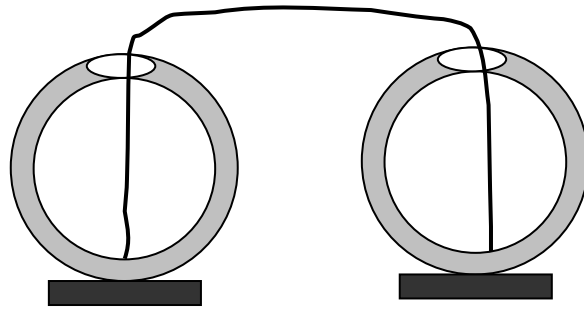
Dokunma ile elektriklelenme: Küresel ve iletken bir cismin dış yüzeyinin başka bir küresel ve iletken cismin i yüzeyine dokundurulması:



Unutmayalım: İletken bir cismin, içi ister boş olsun isterse dolu, içerisinde toplam yük daima sıfırdır. İşte bu ilkeden dolayı yüklü ve iletken bir cisim yüklü veya yüksüz iletken bir kürenin iç kısmına dokundurulursa yüklerinin tamamını bu küreye aktarır ve dışarıya yüksüz olarak çıkar.



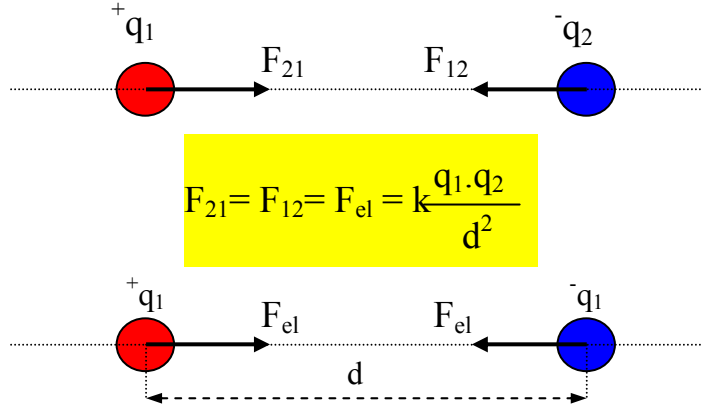
Soru: Sizce iki iletken kürenin i yüzeyleri birbirlerine herhangi bir şekilde dokundurulabilirimi?



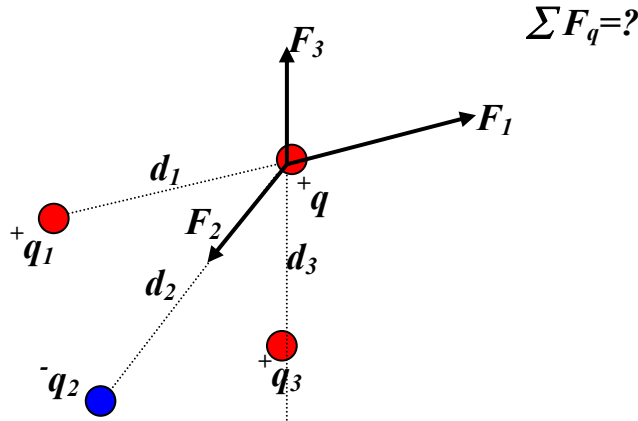
Noktasal ve Durgun Elektrik Yüklerinin Etkileri ve Aralarındaki Etkileşmeler:

1. Elektriksel Kuvvet (F_e):

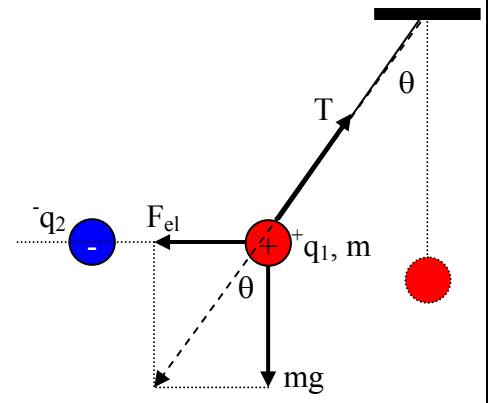
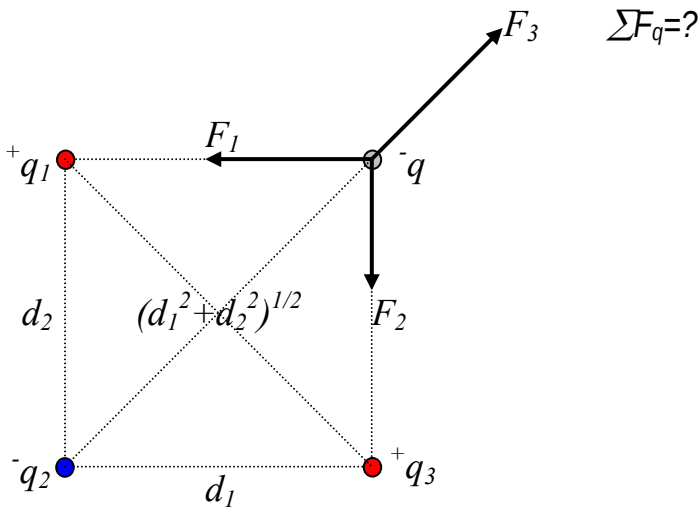
Noktasal iki elektrik yükü arasındaki elektriksel itme veya çekme kuvveti, elektrik yüklerinin arasındaki doğru boyunca olup, elektrik yüklerinin çarpımıyla doğru aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır. İşte bunada Coulomb kanunu denir. Zıt işaretli yükler birbirlerini çeker, aynı işaretli yüklerde birbirlerini iterler, aralarındaki doğru boyunca.



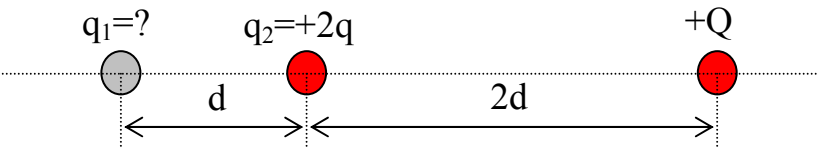
Elektrik yüklerin büyüklükleri veya işaretleri ne olursa olsun, birbirlerini eşit büyüklükte bir kuvvetle iter veya çekerler. Eğer sistemde ikiden fazla noktasal yük bulunuyor ve herhangi birisinin üzerine etkiyen net-kuvvet soruluyorsa:



Unutmayalım: Vektörel niceliklerin büyüklükleri hesaplanırken yüklerin işareti, cebirsel işleme dâhil edilmezler, sadece vektörün yönünü belirlerken kullanılır. Umarım vektörlerde toplama işlemini bir daha hatırlatmaya gerek yoktur.

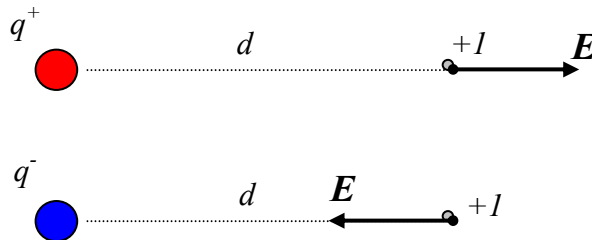


$$\sum F_Q = 0$$



2. Elektrik Alan (E):

Herhangi bir q yükünden d kadar uzakta bulunan $+1$ birimlik sınaıa yüküne etkiyen elektriksel kuvvete q yükünün o noktadaki elektrik alanı denir, vektörel bir niceliktir. Dikkat ederseniz, elektrik alan elektrik kuvvetinin özel bir tanımıdır.

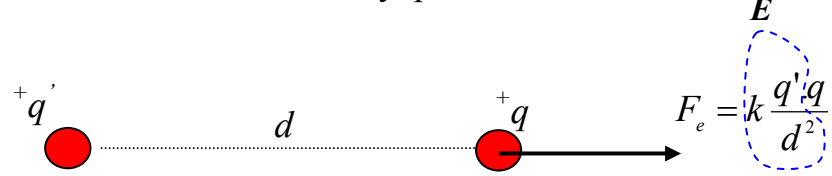


$$E = k \frac{q}{d^2}$$

Buradaki şekilden de neden + yüklü cisimlerin elektrik alan çizgilerinin cisimden çıkan, - yüklü cisimlerin elektrik alan çizgilerinin giren oklar şeklinde olduğu elektrik alanının tanımından kolaylıkla anlaşılır.



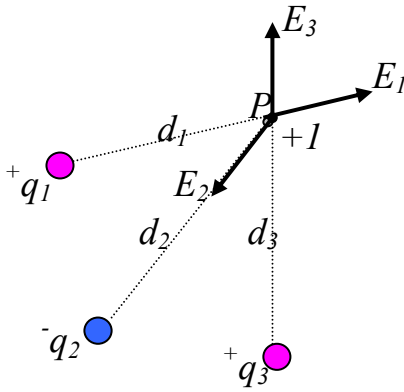
Şimdide elektrik alanını bulduğumuz bu noktaya yüklü bir cisim koyalım ve bu cismin üzerine etkiyen kuvveti bulup bu durum üzerinde bir inceleme yapalım.



Buradanda görüleceği üzere, elektrik alan şiddeti bilinen bir noktaya yüklü bir cisim koyulursa bu cisme etkiyen elektrikselsel kuvvet:

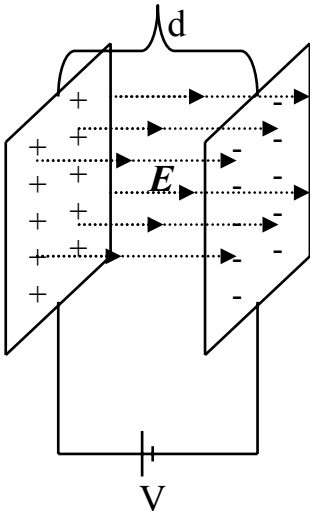
$$\mathbf{F_e} = \mathbf{q \cdot E}$$

İle bulunur. Eğer sistemde birden fazla noktasal yük var ve herhangi bir noktadaki bileşke (toplam) elektrik alan soruluyorsa:



Soru: P noktasındaki bileşke elektrik alanın ($\Sigma \mathbf{E_P}$) doğrultusu, yönü, büyüklüğü nedir ve nasıl bulunur:

Yüklü, iletken, paralel iki levha arasındaki E:



$$E = \frac{V}{d} \Rightarrow \frac{\text{Volt}}{\text{metre}} = \frac{\text{Newton}}{\text{Coulomb}}$$

Eğer levhalar yeterince büyük ve birbirlerine yakın ise levhaların arasında düzgün bir elektrik alan oluşur. (Düzgün: $\mathbf{E}$ her tarafta aynı büyüklükte ve çizgiler birbirine paralel)

Sonsuz büyüklükte iletken bir levhanın E alanı:

$$E = \sigma/2\epsilon_0$$

Burada:

σ : levhanın yüzeysel yük yoğunluğu

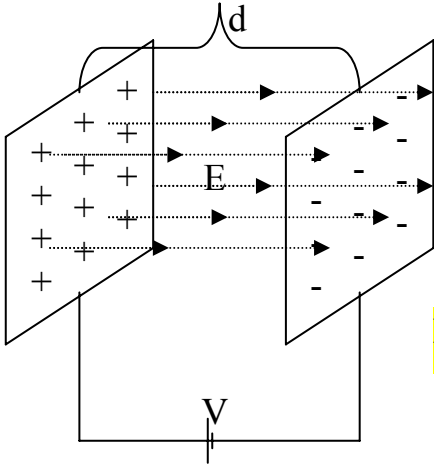
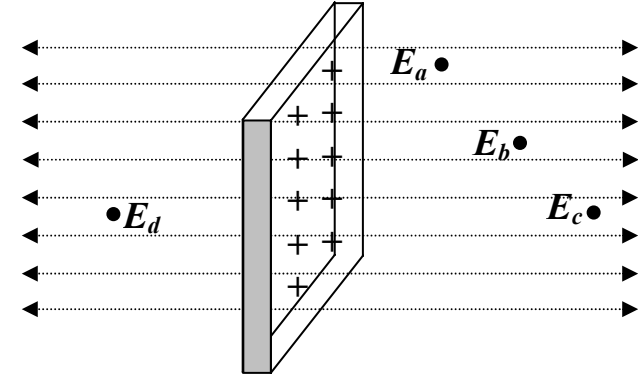
ϵ_0 : Boşluğun di-elektrik geçirgenliği

$$\sigma = Q/A$$

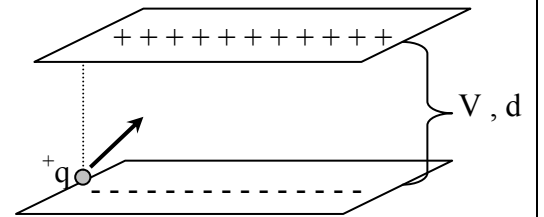
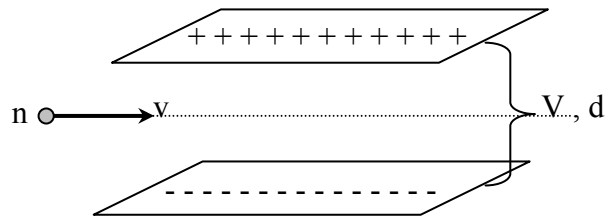
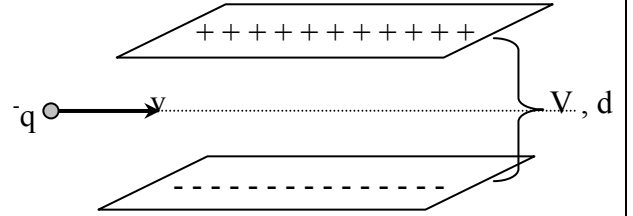
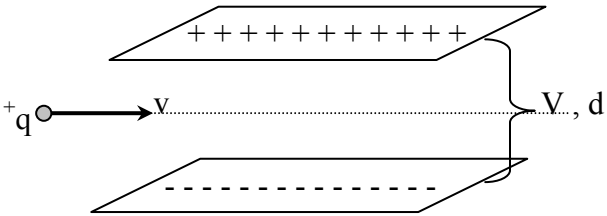
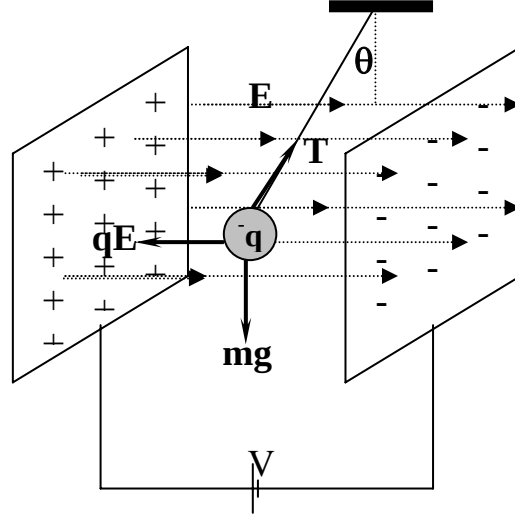
Q : levhadaki yüzeyindeki toplam yük

A : levhanın yüzey alanı

$$E_a = E_b = E_c$$

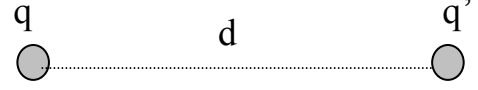
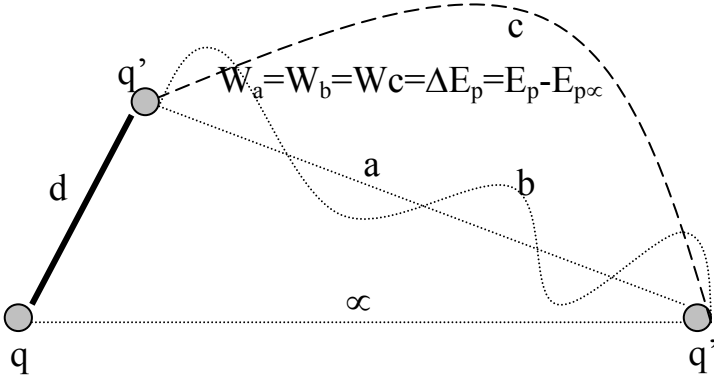


$$E = V/d$$



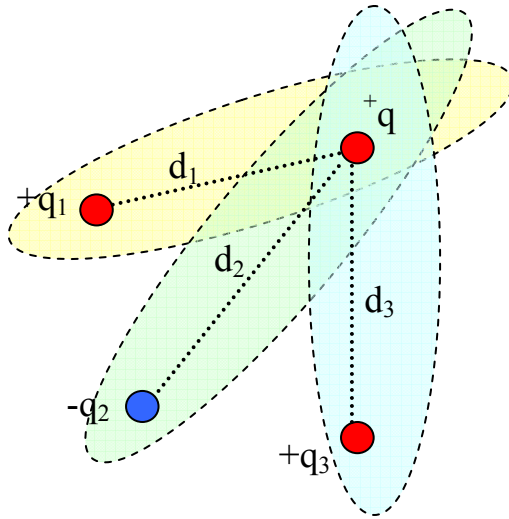
3. Elektrik Potansiyel Enerji (E_p):

Sonsuzda bulunan bir q' yükünün sonsuzdan alınıp herhangi bir q yükünden d kadar uzakta bulunan bir noktaya getirinceye kadar elektrik kuvvetlerinin ya da elektriksel kuvvetlere karşı yapılan işe q ve q' yüklerinin bu noktadaki elektrik potansiyel enerjileri denir. (Aralarında sonsuz uzaklık bulunan iki cisim arasında her türlü kuvvet ve potansiyel enerji etkileşimleri sıfırdır.)



$$E_p = k \frac{q \cdot q'}{d} \Rightarrow \text{Joule} = \text{Coulomb} \cdot \text{Volt}$$

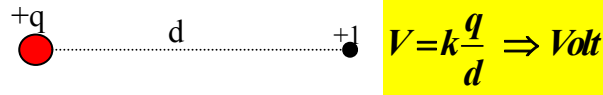
Eğer bir sistemde ikiden fazla noktasal yük var ve herhangi bir yükün sahip olduğu potansiyel enerji soruluyorsa:



$$+q \text{ için } \Sigma E_p = ?$$

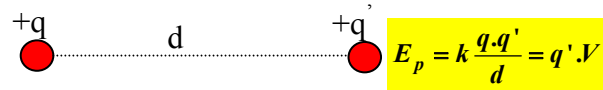
4. Elektrik Potansiyel (V):

Elektrik potansiyel, elektrik potansiyel enerjinin özel bir tanımıdır, şöyleki: Herhangi bir q yükünden d kadar uzaklıkta bulunan $+1$ birimlik yükün sahip olduğu elektrik potansiyel enerjiye q yükünün o noktadaki elektrik potansiyeli denir, diğer bir ifadeyle: birim yük başına düşen potansiyel enerji olarakta tanımı yapılabilir.

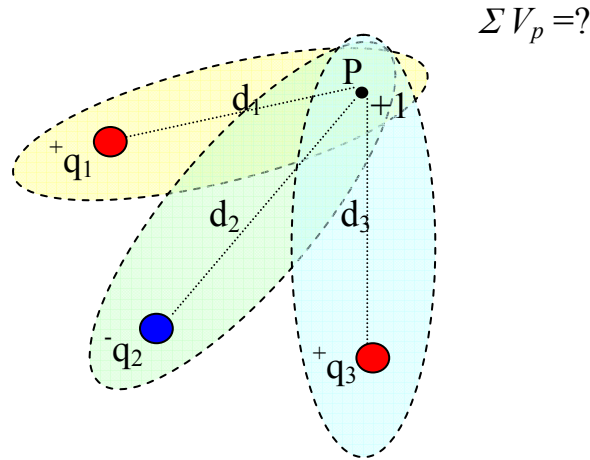

$$V = k \frac{q}{d} \Rightarrow \text{Volt}$$

Elektrik potansiyeli bilinen bir noktaya q' yüklü bir parçacık koyulursa:


$$V = k \frac{q}{d}$$

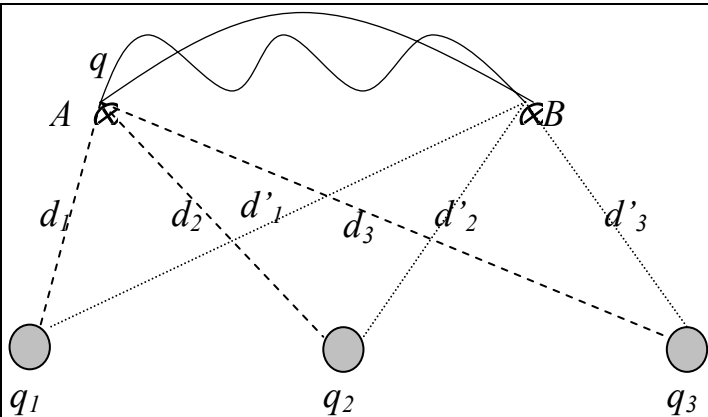

$$E_p = k \frac{q \cdot q'}{d} = q' \cdot V$$

Eğer sistemde birden fazla noktasal yük varsa ve herhangi bir noktadaki toplam elektrik potansiyel soruluyorsa:



Dikkat: Skaler işlemlerde yüklerin işaretini cebirsel işleminizin içine dâhil etmeyi unutmayın.

Şimdide, herhangi bir q yükünün elektrik potansiyelleri bilinen iki nokta arasındaki hareketini inceleyelim.



$$V_A = k \left[\frac{q_1}{d_1} + \frac{q_2}{d_2} + \frac{q_3}{d_3} \right] , \quad V_B = k \left[\frac{q_1}{d'_1} + \frac{q_2}{d'_2} + \frac{q_3}{d'_3} \right]$$

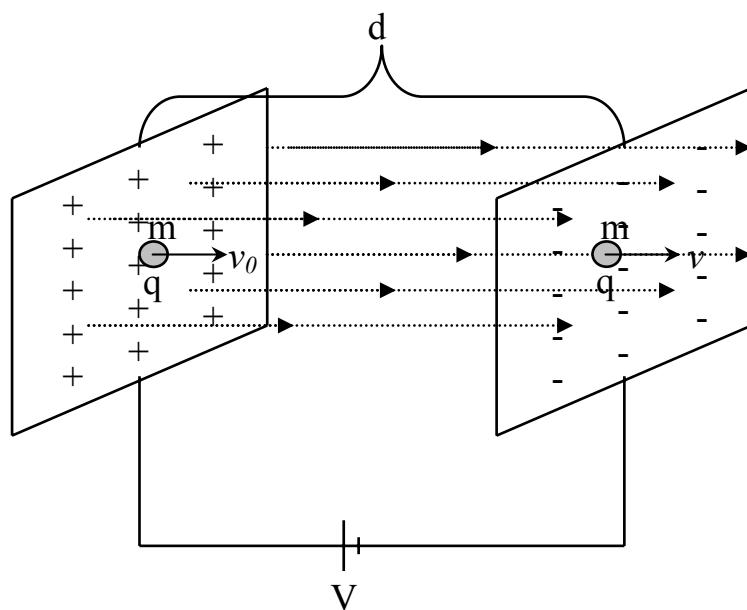
$$E_{p_A} = qV_A$$

$$E_{p_B} = qV_B$$

$$W_{AB} = \Delta E_{p_{AB}} = E_{p_B} - E_{p_A}$$

$$= qV_B - qV_A = q(V_B - V_A)$$

$$W_{AB} = qV_{AB}$$



$$q.V = \frac{1}{2}m.v^2 - \frac{1}{2}m.v_0^2$$