

Elektronlar ve Alanlar (EA deneyleri)

Elektronlar ve alanlar (EA1 – EA4) deneylerine yüklü parçacıkların (elektronlar) elektrik ve manyetik alanlardaki hareketini inceleyeceğiz.

Bu deneylerde elektronlar, davranışları Newton hareket yasaları ile belirlenen klasik parçacıklar gibidir.

Yani hızlar her zaman ışık hızına (3×10^8 m/s) göre küçüktür, hiçbir görelilik düzeltmesi gerekmez ve deneysel boyutlar atom boyutları yanında o kadar büyüktür ki, kuantum etkileri dikkate alınmaz.

Deneylerin içerdiği konular şöyle özetlenebilir:

- EA1-Elektronların bir elektrik alanında hızlanması ve bir elektron demetinin düzgün enine bir elektrik alanında saptırılması.
- EA2-Düzgün olmayan bir elektrik alanında bir elektron demetinin odaklanması ve demetin şiddetinin kontrolü.
- EA3-Bir elektron demetinin enine bir manyetik alanda saptırılması.
- EA5- Bir diyot lambada oluşturulan elektronların eksensel bir manyetik alan ile çapsal bir elektrik alanı etkisi altında hareketi.

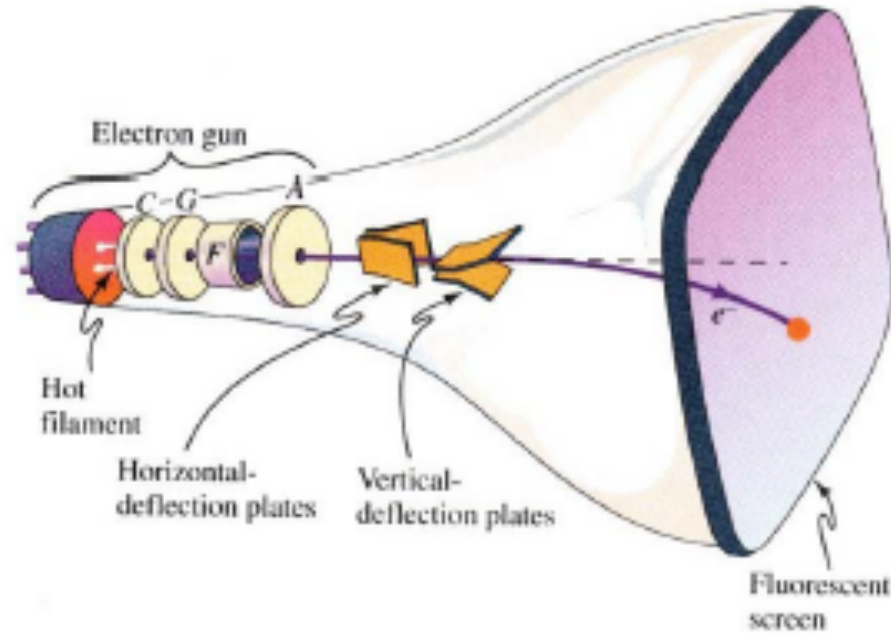
İlk üç deneydeki temel araç, işleyiş ilkeleri bir televizyon resim tüpüne oldukça benzeyen bir elektron demeti tüpüdür. Bu tüpe genellikle katot ışını tüpü (kısaltılmışı KIT; İngilizce kısaltılmışı CRT) denir. Bu ad ondokuzuncu yüzyılın ortalarında alçak basınçlı gazlarda elektrik iletiminin incelenmesi sırasında ortaya çıkmıştır.

Bu tip deneylerde, elektron dövmesi ile atomik enerji düzeylerinin uyarılması, katoda yakın bölgelerde, “katot ışınları” diye adlandırılan mavimsi ışınların çıkmasına yol açtığından bu isim kullanılmaktadır.

Katot ışını tüpü

Katot ışını tüpü aslında, kesiti Şekilde görüldüğü gibi uzun boyunlu düz tabanlı büyük bir cam balondur.

Televizyon ve osiloskopta siz bunun yalnız tabanını görüyorsunuz.



Elektrik Devreleri

Bu deney serisinde, gerilim ve akımın zamana bağlı olarak değiştiği çeşitli elektrik devrelerinin davranışlarını inceleyeceğiz.

Bu seride yapılacak deneyler:

EA – 1 Elektronların Hızlanması ve Saptırılması

EA - 2 Odaklama ve Şiddet Ayarı

EA - 3 Elektronların Manyetik Sapması

EA - 5 Diyot Tüpleri ve Magnetron Koşulu

TEMEL KAVRAMLAR:

Elektrik yükü (Q veya q)

Elektrik alan (\mathbf{E})

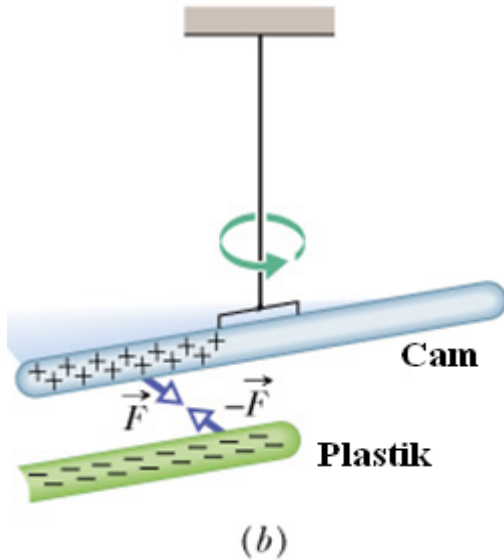
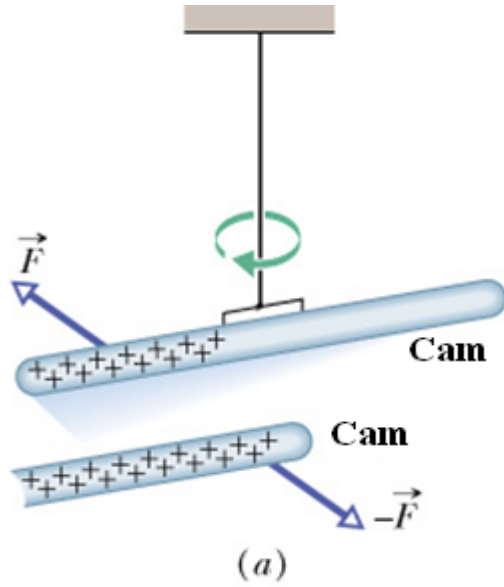
Elektrik Kuvvet (\mathbf{F}_E)

Elektrik Akımı (i veya I)

Manyetik Alan (\mathbf{B})

Manyetik Kuvvet (\mathbf{F}_B)

Elektrik yükü



❑ Cam çubuk ipek parçaya sürtüldüğünde, çubuk “pozitif” yüklenir.

❑ Plastik çubuk kürk parçasına sürtüldüğünde, çubuk “negatif” yüklenir.

❑ İki aynı işaretli yük birbirini iter.

❑ İki zıt işaretli yük birbirini çeker.

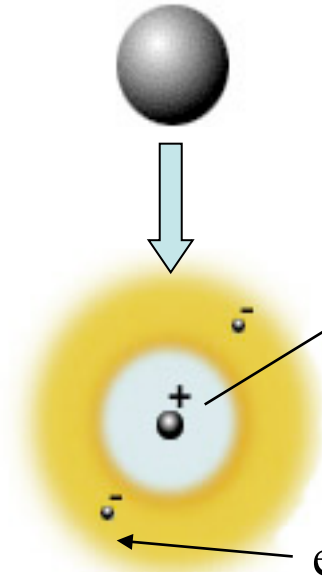
❑ Elektrik yükü korunur ve kuantumludur.

- Elektrik yükü

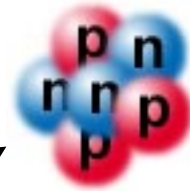
1. ***e ile belirtilen*** elektrik yükü **daima** başlıca yük birimidir,
2. 1909 Robert Millikan ***e değerini ilk defa ölçmüştür.***
3. Değeri ***$e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ (coulombs).***
4. Yük için standart semboller ***Q ya da q.***
5. Yüklü bir cismin yükü ***$Q = Ne$ dir.*** Buradaki ***N*** tamsayıdır.
6. Yükler : proton, ***+ e*** ; elektron, ***- e*** ; nötron, ***0.***

- Elektrik yükü

Atom modeli



çekirdek



p: proton

n: nötron

elektronlar e⁻

- Elektrik yükü $e = 1.602176462(63) \times 10^{-19} \text{ C}$

- **Elektron:** 10^{-18} metreden daha az yarıçaplı $e = -1.6 \times 10^{-19}$ Coulomb (SI birimi) elektrik yüklü ve kütlesi $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg dır.

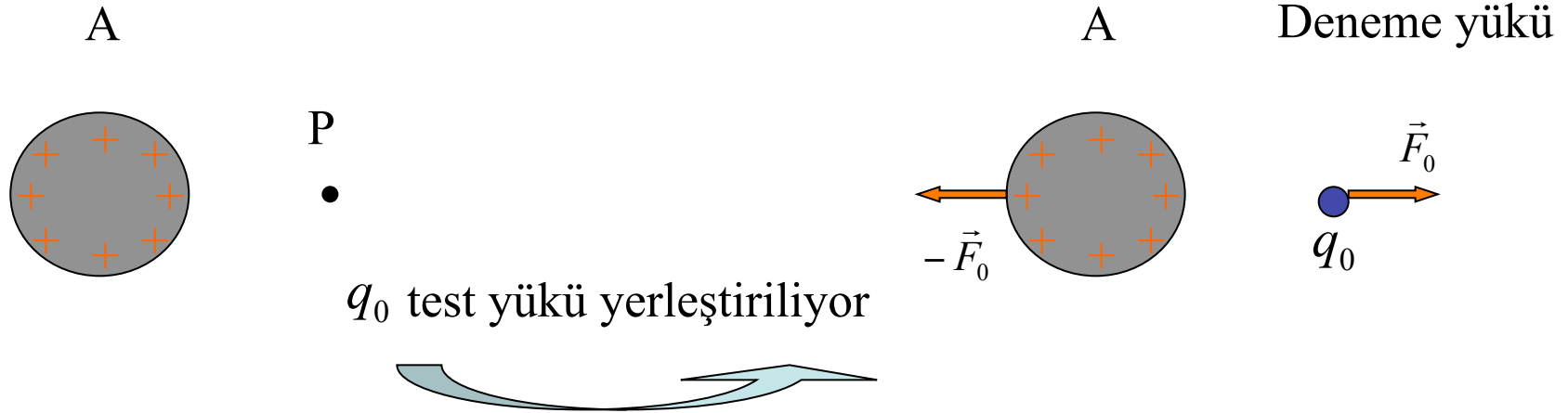
Proton: yükü $+e$, kütlesi $m_p = 1.67 \times 10^{-27}$ kg ve yarıçapları aşağıdaki gibidir:

$0.805 \pm 0.011 \times 10^{-15}$ m saçılma deneyi

$0.890 \pm 0.014 \times 10^{-15}$ m Lamb shift deneyi

Nötron: Protonla aynı büyüklükte, fakat toplam yükü $=0$ ve kütlesi $m_n = 1.674 \times 10^{-27}$ kg dır

Elektrik alan ve Elektrik kuvvetler

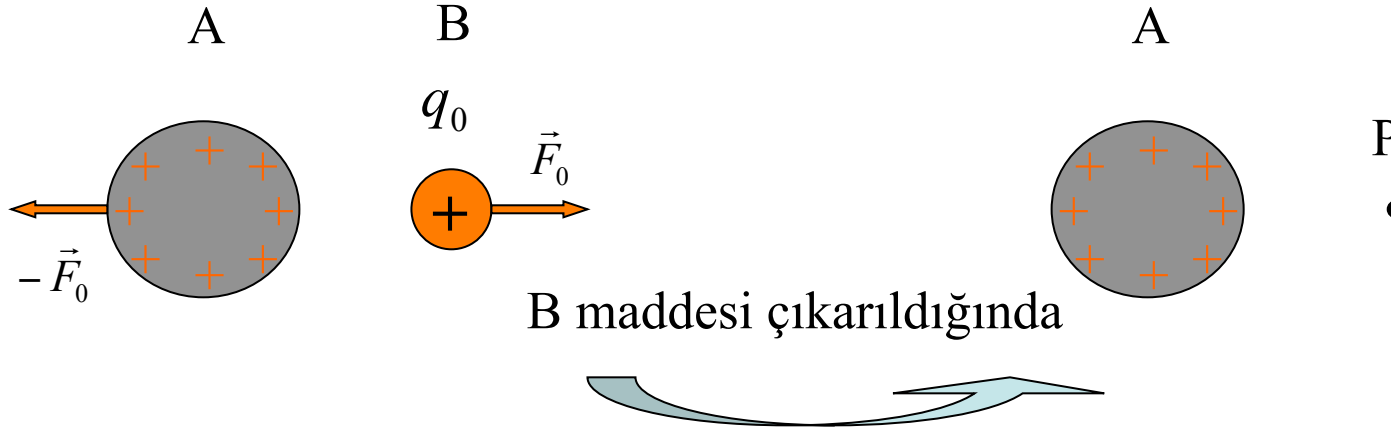


- Belirli bir noktada elektrik alanın olup olmadığını deneysel olarak bulmak için, noktaya yüklü küçük bir cisim (deneme yükü) yerleştiririz.

- Elektrik alan şu şekilde ifade edilir: $\vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0}$ (SI biriminde N/C)

- Bir q yükü üzerindeki kuvvet: $\vec{F} = q\vec{E} = m\vec{a}$

Elektrik alan ve Elektrik kuvvetler



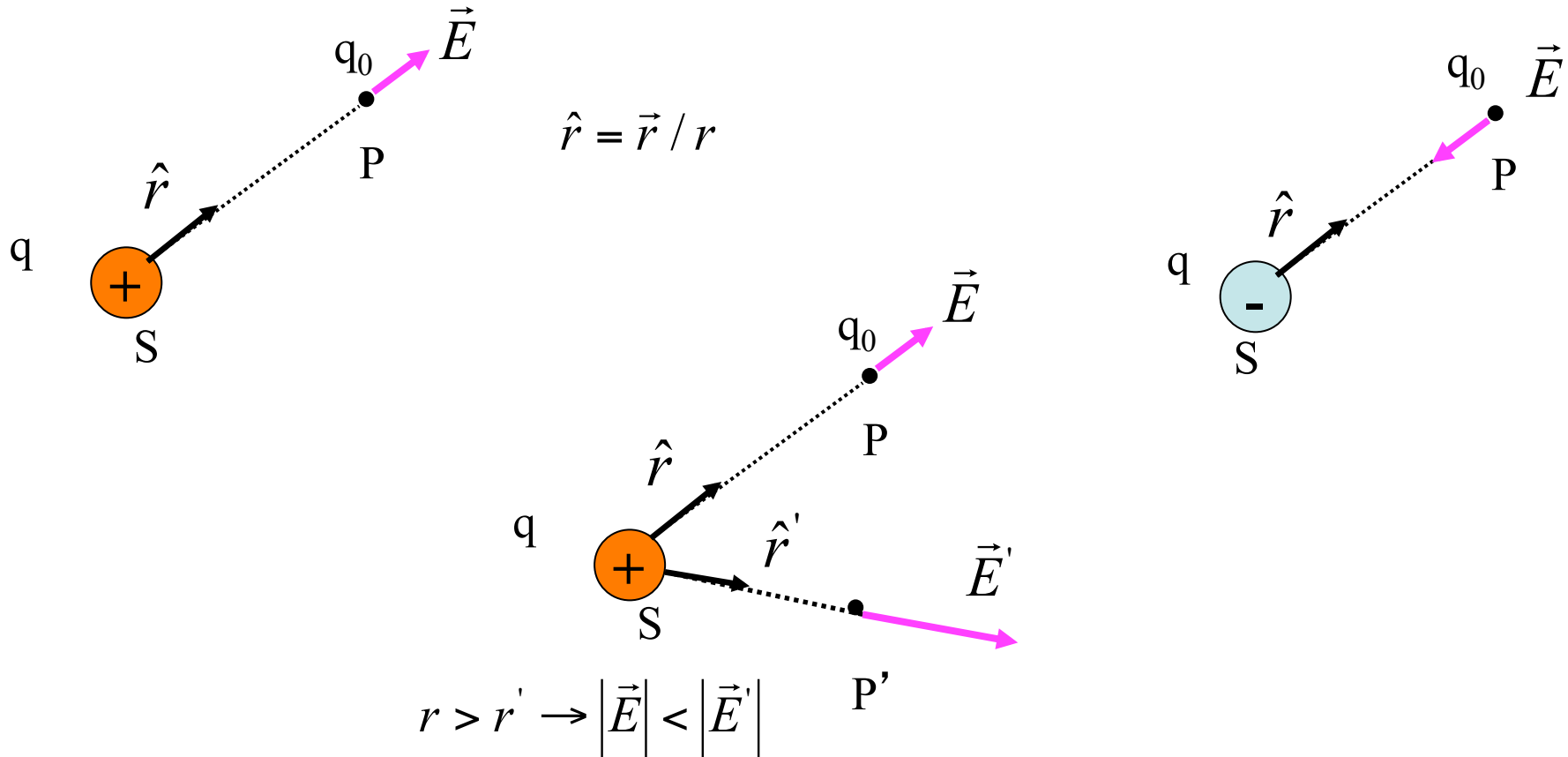
•Yüklü A maddesinin varlığı uzayın niteliğini değiştirir ve bir “elektrik alan” oluşturur.

•Yüklü B maddesi çıkarıldığında , B maddesi üzerinde meydana gelen kuvvet gözden kaybolursa da, A maddesinin oluşturduğu elektrik alan kalır.

•Yüklü madde üzerindeki elektrik kuvvet, diğer yüklü maddelerin meydana getirdiği elektrik alan tarafından oluşturulur.

Elektrik alan ve Elektrik kuvvetler

□ Bir nokta yükün elektrik alanı



$$F_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|qq_0|}{r^2} \longrightarrow \vec{E} = \frac{\vec{F}_0}{q_0} \longrightarrow \vec{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{r^2} \hat{r}$$

Elektriksel Kuvvet: Coulomb Kanunları

- İki nokta yük arasındaki elektrik kuvvetin büyüklüğü yüklerin çarpımıyla doğru orantılı ve aralarındaki uzaklığın karesiyle ters orantılıdır.

$$F = k \frac{|q_1 q_2|}{r^2}$$

r : iki yük arasındaki uzaklık (m)

q_1, q_2 : yükler (C)

k : orantı sabiti ($N \cdot m^2 / C^2$)

$$k = 8.987551787 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

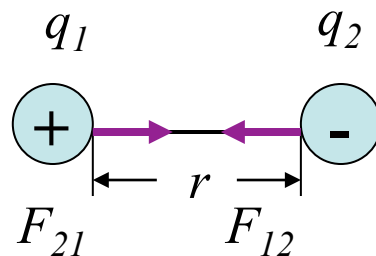
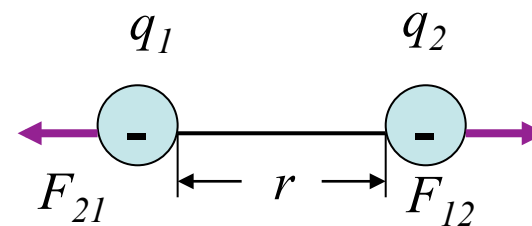
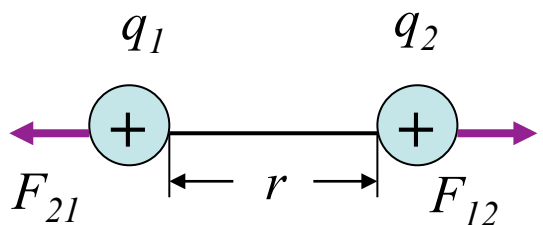
$$\cong 8.988 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

$$\cong 9.0 \times 10^9 \text{ N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

$$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2 / (\text{N} \cdot \text{m}^2)$$

Elektriksel Kuvvet: Coulomb Kanunları



- İki yükün birbirleri üzerinde oluşturdukları kuvvetlerin doğrultusu her zaman onları birleştiren doğru boyuncadır.
- Yükler aynı işarete sahipse, kuvvetler iticidir.
- Yükler zıt işarete sahipse, kuvvetler çekicidir.

Coulomb Kanunları

❑ Örnek 1.1: Elektriksel kuvvetler ve Kütle çekim kuvvetleri

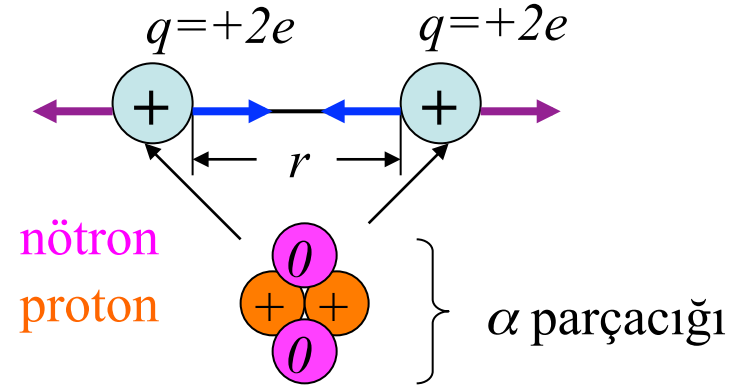
α parçacığında bulunan iki proton arasındaki elektriksel kuvvet ile kütle çekim kuvvetini hesaplayarak kıyaslayınız.

Elektriksel kuvvet

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

Kütle çekim kuvveti

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



$$q = +2e = 3.2 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$m = 6.64 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

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

Kütle çekim kuvvetleri elektriksel kuvvetlere kıyasla çok küçüktür.!

Elektrik Alan Çizgileri

□ Bir elektrik alan çizgisi, uzayın herhangi bir bölgesinde pozitif q_0 tes tüküne etki eden elektriksel kuvvet boyunca çizilen hayali doğru ya da eğrilerdir.

□ Bu yüzden her noktadaki elektrik alan çizgilerinin teğeti o noktadaki elektrik alan vektörünün yönündedir.

□ Elektrik alan çizgileri her noktadaki \vec{E} yönünü gösterir, ve onlar arasındaki mesafeler her noktadaki elektrik alan şiddeti hakkında genel bir fikir verir .

□ Nerede \vec{E} şiddetli ise, elektrik alan çizgileri birbirlerine yakın bir şekilde bir arada ilerlerler; nerede \vec{E} zayıf ise, elektrik alan çizgileri birbirine oldukça uzaktır.

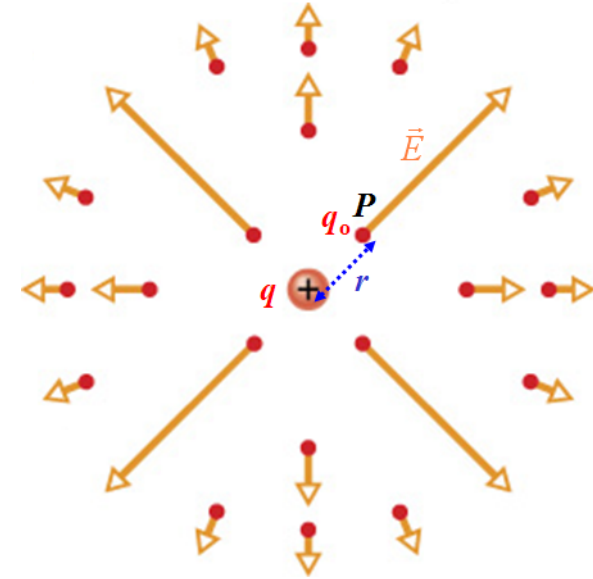
□ Herhangi bir noktada, elektrik alan tek yöne sahiptir bu yüzden alanın her noktasından sadece bir alan çizgisi geçer.

Alan çizgileri asla birbirini kesmez.

Elektrik alan çizgileri

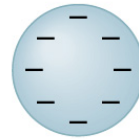
□ Alan çizgisi çizme kuralları:

- Elektrik alan çizgileri + yükten başlar – yükte son bulur
- Çizgiler yüke simetrik olarak gelir ya da ayrılırlar.
- Yüke gelen ya da ayrılan çizgilerin sayısı yükle orantılıdır
- Çizgilerin yoğunluğu o noktadaki elektrik alan şiddetini gösterir.
- İki alan çizgisi kesişemez.



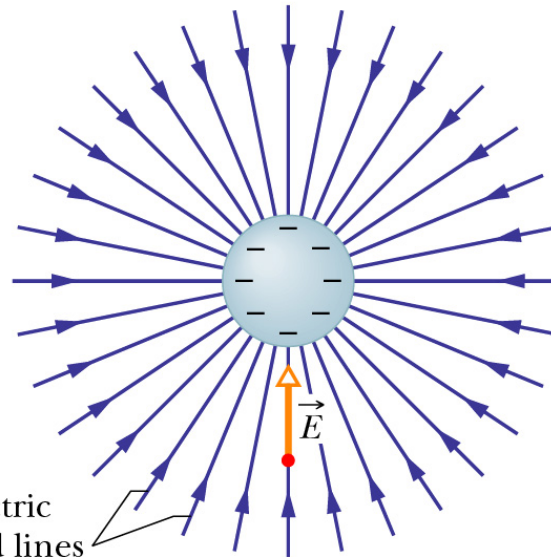
Elektrik alan çizgileri

□ Alan çizgisi örnekleri



+ Positive test charge

(a)

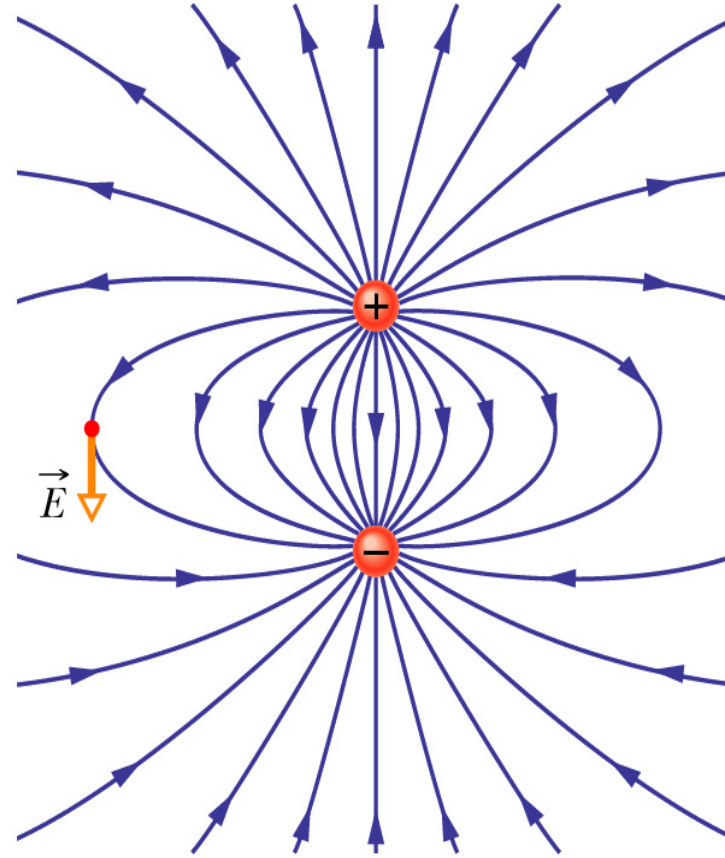
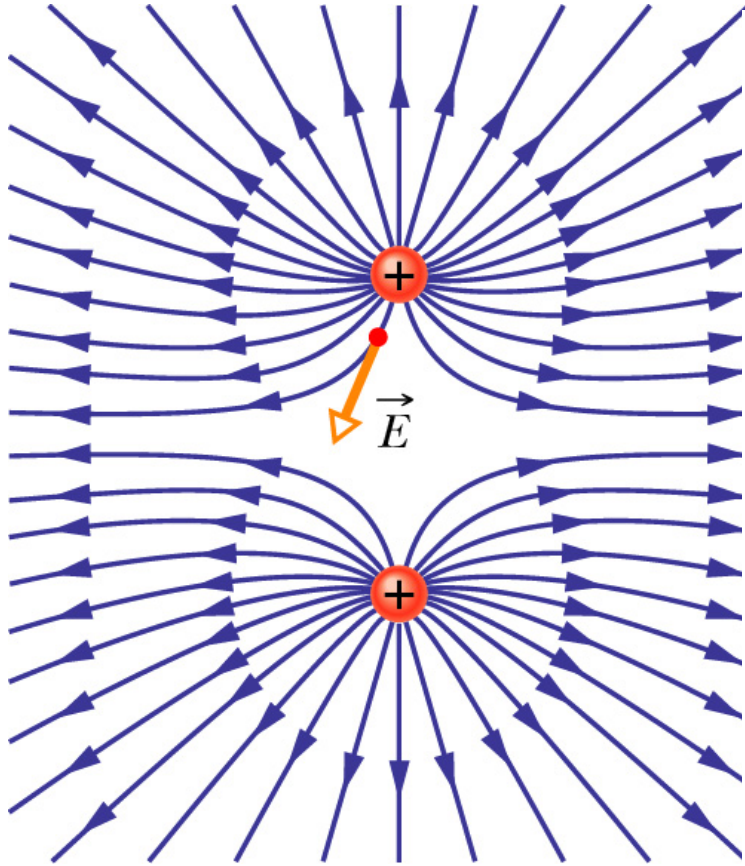


Electric field lines

(b)

Elektrik alan çizgileri

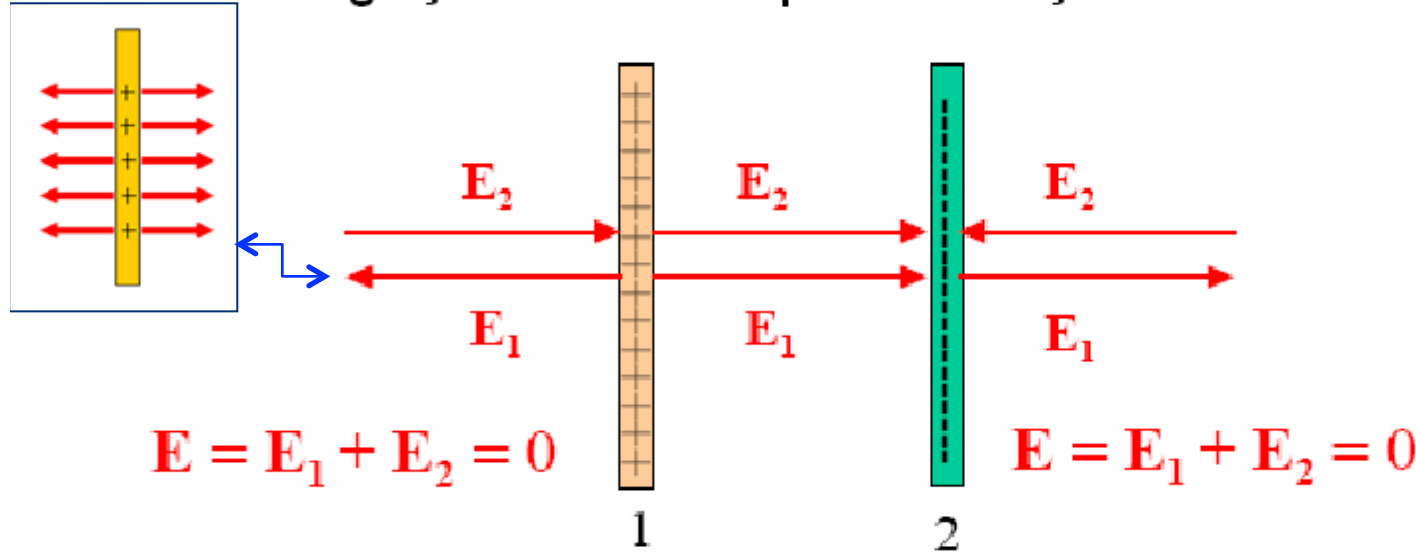
□ Alan çizgisi örnekleri



Alıştırmalar

□ Zıt yüklü paralel iki plakanın elektrik alanı

Eřit fakat zıt yük yoğunluğuna sahip iki paralel plaka örneği için önceki hesaplama sonuçlarını kullanabiliriz.



$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 = 0$$

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_1 + \mathbf{E}_2 = 0$$

Fakat iki plaka arasında,
$$E = E_1 + E_2 = 2 \left(\frac{\sigma}{2\epsilon_0} \right) = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$$

YÜKLÜ PARÇACIKLARIN ELEKTRİK ALANDA HIZI VE İVMESİ

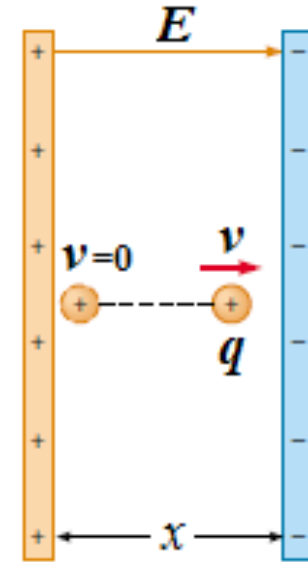
Düzgün E elektrik alanda yüklü parçacık serbest bırakıldığında kadar kuvvet etkisi altında kalacağından ilk hızı olmayan, hızı düzgün değişen ivmeli hareket yapacaktır.

O halde kütlesi m , yükü q olan parçacığın düzgün E elektrik alanındaki hareketi için:

$$\text{İvme: } a = \frac{F}{m} = \frac{qE}{m}$$

$$\text{Hız: } v = at = \frac{qE}{m} t$$

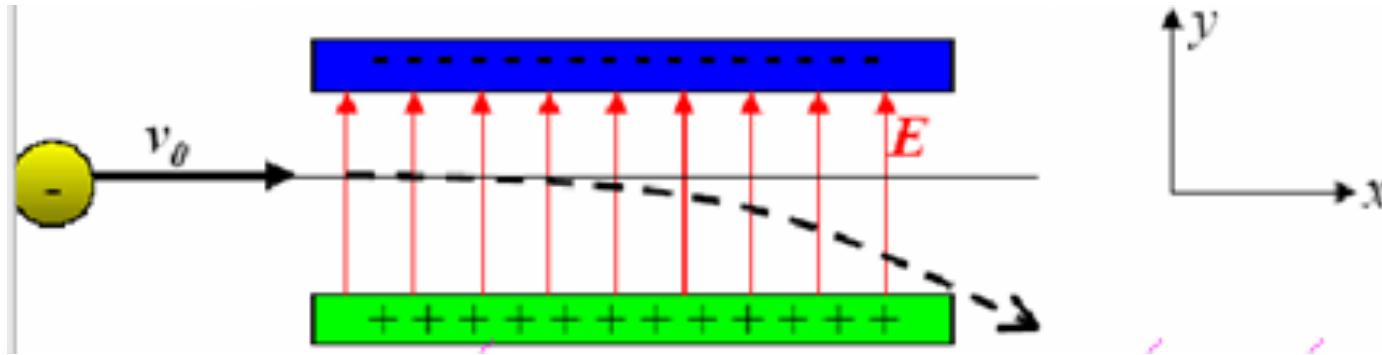
$$\text{Aldığı yol: } x = \frac{1}{2} at^2 = \frac{qE}{2m} t^2$$



YÜKLÜ PARÇACIĞIN YÖRÜNGELERİ

Yüklü parçacıklar elektrik alan ile aynı doğrultuda elektrik alan içine gönderildiğinde, yükün işaretine göre yavaşlayan veya hızlanan sabit ivmeli düzgün doğrusal hareket yapar.

Eğer yüklü parçacıklar, levhalar arasına elektrik alan vektörüne dik doğrultuda gönderilirse, gönderildiği doğrultudaki hızının büyüklüğü değişmeden parabolik bir yörünge izler.

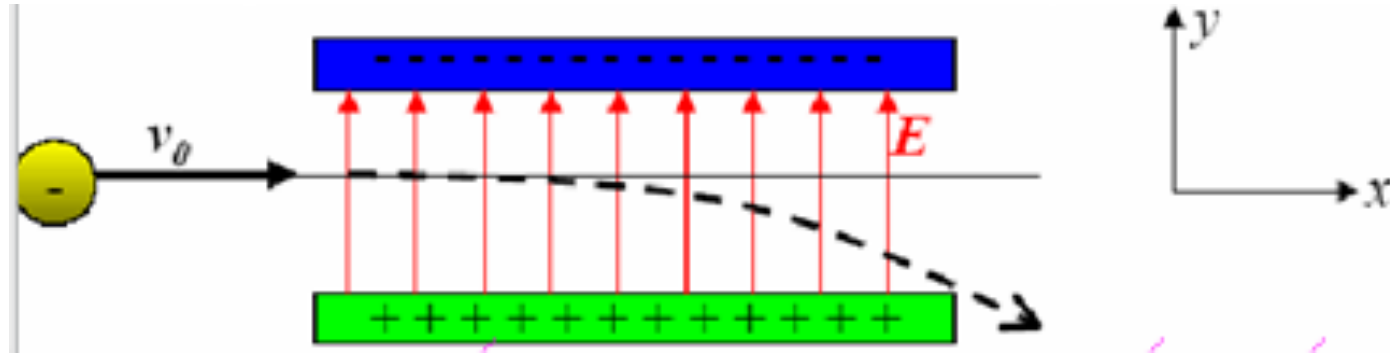


Bu hareket sabit yer çekim ivmesinde yeryüzüne paralel yatay fırlatılan cismin hareketine benzetilebilir.

Alıştırmalar

Düzgün elektrik alan içerisindeki yüklü parçacığın yörüngesi

Başlangıçta v_0 ilk hızına sahip bir elektron, Őekildeki gibi düzgün bir elektrik alan içine dik doğrultuda girmektedir. Bu elektronun hızını ve konumunu zamanın fonksiyonu olarak ifade ediniz.



1 $\bar{a} = -\frac{eE}{m} \hat{j} \Rightarrow v_x = v_0 \quad \text{ve} \quad v_y = v_{0y} + a_y t = -\frac{eE}{m} t$

2 hemde $x = x_0 + v_{0x} t = v_0 t \quad \text{ve} \quad y = y_0 + v_{0y} t + \frac{1}{2} a_y t^2 = -\frac{eE}{2m} t^2$

3 böylece, $t = \frac{x}{v_0}$ yerine koyarsak $y = -\frac{eE}{2mv_0^2} x^2$ **Parabolik yörünge**
Mermi hareketi gibi 22

Önemli Eşitlikler:

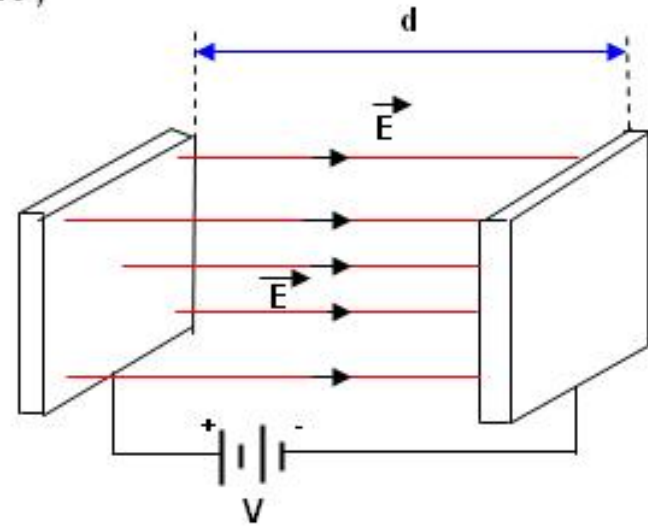
Elektriksel kuvvet: $F_E = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ \longrightarrow $\vec{F}_E = q\vec{E} = m\vec{a}$

Aralarında d mesafesi bulunan iki paralel levha arasında oluşan elektrik alan: $E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}$

$$E = \frac{V \text{ (Volt)}}{d \text{ (metre)}}$$

Bu levhalar arasındaki potansiyel fark ile elektrik alan arasındaki ilişki:

$$V = Ed \longrightarrow E = \frac{V}{d}$$

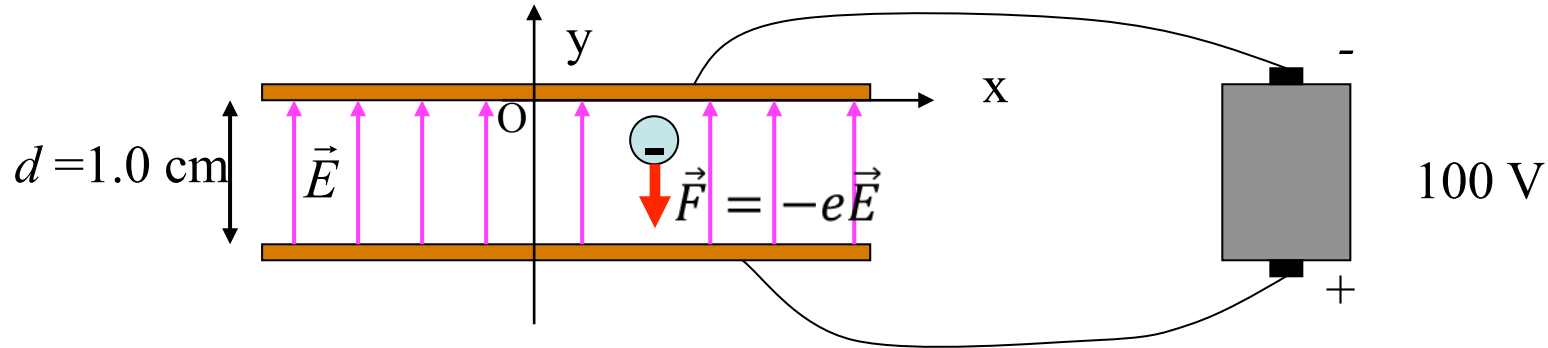


Bir q yükü V potansiyel farkı altında hızlandırıldığında kinetik enerjisindeki değişim:

$$K = qV = \frac{1}{2}mv^2$$

Elektrik alan ve Elektrik kuvvetler

□ Örnek 1.4: Düzgün bir alan içinde elektronun hareketi



- Bataryaya bağlanmış iki geniş iletken paralel plaka düzgün elektrik alan üretir.

$$E = V / d = 100 / (0.01) = 1.00 \times 10^4 \text{ N/C}$$

- Elektrik kuvvet sabit olduğundan, ivmede sabittir

$$a_y = \frac{F_y}{m} = \frac{-eE}{m} = \frac{(-1.60 \times 10^{-19} \text{ C})(1.00 \times 10^4 \text{ N/C})}{9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}} = -1.76 \times 10^{15} \text{ m/s}^2$$

- Sabit ivme formülünden: $v_y^2 = v_{0y}^2 + 2a(y - y_0)$ $v_{0y} = 0, y_0 = 0$

$$y = -1.0 \text{ cm} \implies |v_y| = \sqrt{2a_y y} = 5.9 \times 10^6 \text{ m/s}$$

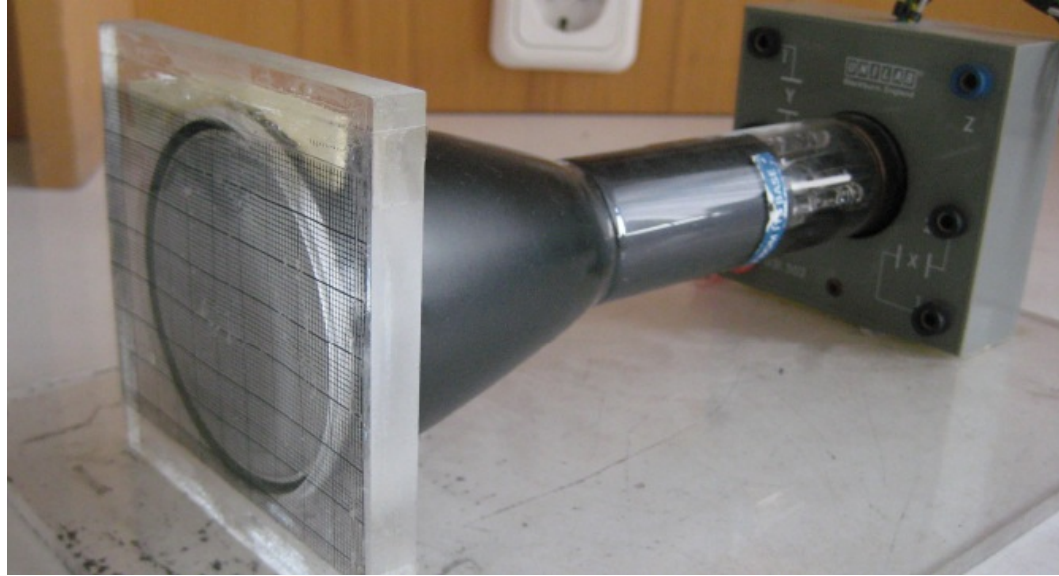
- Elektronun kinetik enerjisi:

$$K = eV = (1/2)mv^2 = 1.6 \times 10^{-17} \text{ J} = 100 \text{ eV}$$

- Gerekli zaman:

$$t = \frac{v_y - v_{0y}}{a_y} = 3.4 \times 10^{-9} \text{ s}$$

Katot ışını tüpü (KIT)



- Elektron hareketinin incelenmesini sağlayan uygun bir deney düzeneği olmaktan da öteye, katot ışını tüpü, deneysel bilimlerin (kimya, biyoloji, tıp) birçok alanlarda çok yararlı bir aygıt olan katot ışınları tüpü osiloskobun en önemli parçasıdır.
- Katot ışını tüpünde elektron hareketinin incelenmesi, ilerde bu ve başka çalışmalarda pek çok kullanılacak olan osiloskobun anlaşılmasına yardım edecektir.

Katot ışını tüpünün içindekiler:

- (1) Katottan kopartılan elektronları belli bir hıza ulaştırıp onları bir demet halinde toplayan bir elektron tabancası;
- (2) iki çift paralel levhadan oluşan düşey ve yatay saptırıcı düzenek;
- (3) tüpün sonunda elektron demetinin çarptığı noktayı görülür hale getiren bir floresan ekran bulunur.
- (4) Bunların hepsi bir cam balon içine yerleştirilmiştir ve elektronların hava molekülleri ile çarpışması ile saçılmalarını önlemek için balonun havası boşaltılmıştır.

Şekil-1. Tipik bir katot ışını tüpü kesiti (KIT).

F: Isıtıcı (flaman),

K: Katot,

G_1 : Şiddet ayarlayıcı ızgara,

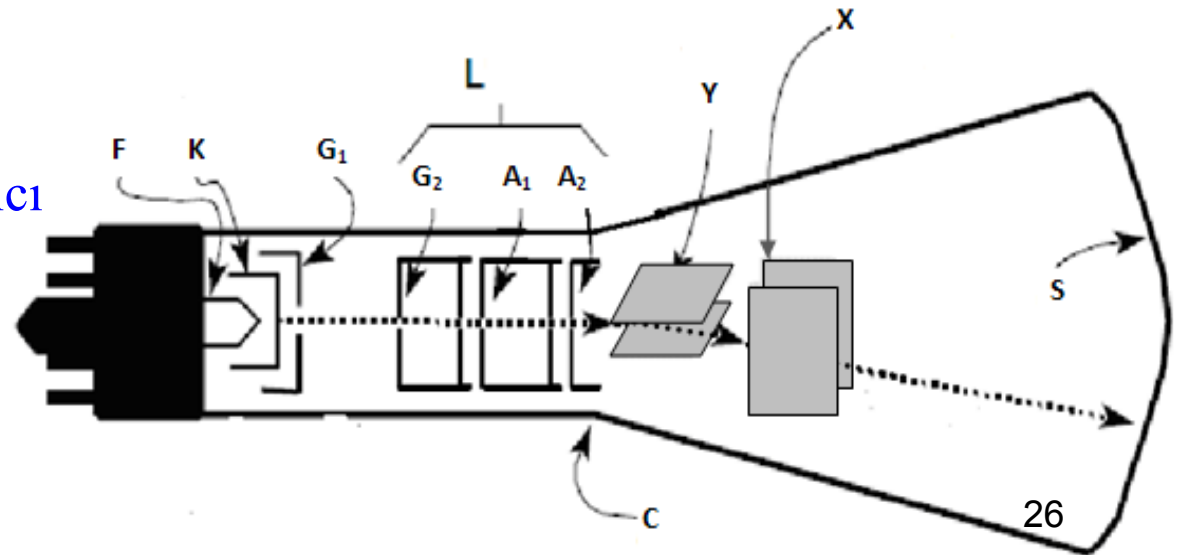
L: Demet odaklayıcı ve hızlandırıcı

Y: Düşey saptırıcı levhalar,

X: Yatay saptırıcı levhalar,

S: Fosfor kaplı ekran,

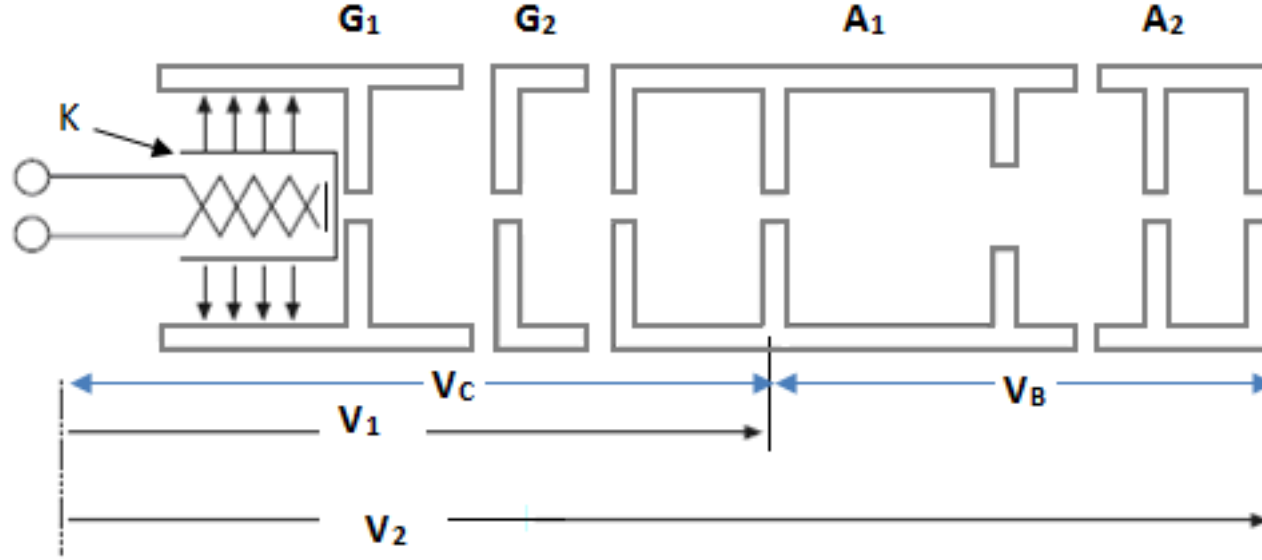
C: Cam Tüp.



Katot ışını tüpünün çalışma prensibi:

Bir elektronun tüp boyunca hareketi sırasında bir tek gaz molekülü ile bile çarpışma olasılığının çok düşük olması için **tüpteki gaz basıncı yaklaşık 10^{-6} atm'den aşağı** olmalıdır.

Elektron tabancası Şekil-2'de daha ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Elektron kaynağı şekilde K ile gösterilen katoddur. İçteki bükülmüş ısıtma telinden geçirilen akım ile yaklaşık olarak 1200 K'ya kadar ısıtılan ve seramik bir kılıf ile elektrikçe yalıtılmış bulunan ince bir silindir katodun kendisini oluşturur.

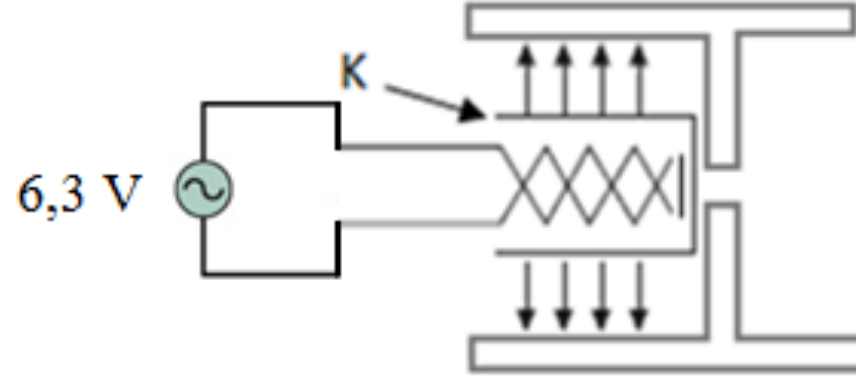


Şekil-2. Elektron tabancası



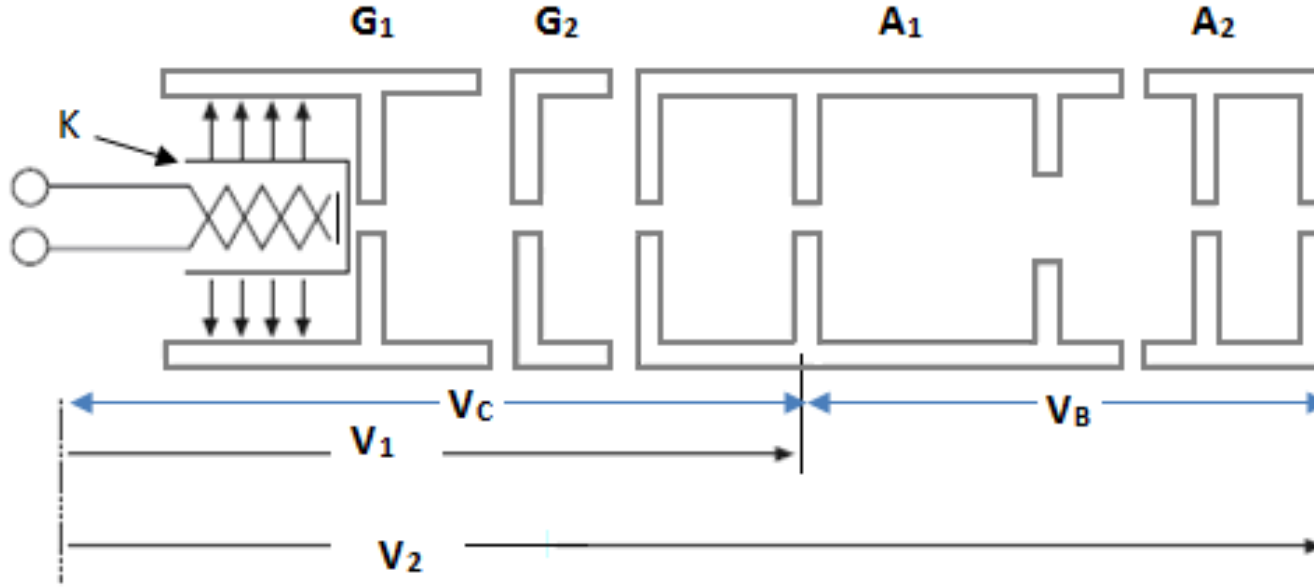
Katot ışını tüpünün çalışma prensibi:

Termiyonik yayınım



- Silindirin uç kısmı baryum ve stronsiyum oksit ile kaplıdır. Bu maddeler ısıtılınca bazı elektronları yüzeyden kopacak kadar **(en az metalin iş fonksiyonunu yenecek kadar)** enerji edinirler ve böylece katodu saran boşlukta serbestçe hareket ederler. Bu olaya *termiyonik yayınım* denir.

Elektron Tabancası



Şekil-2'deki kesitte görüldüğü gibi katot ile aynı eksenli silindirik biçimli tabanları dairesel elektrik supapları olarak işleyen dört elektrot vardır.

Denetim kafesi denilen G_1 elektrodu katoda göre eksi, yaklaşık 5 ile 20 V arasında bir potansiyelde çalıştırılır.

Böylece meydana gelen elektrik alan elektronları tekrar katoda doğru zorlar.

Bu nedenle bu potansiyeli değiştirerek G_1 'in aralığından geçen elektronların sayısı dolayısı ile demetin şiddeti denetlenebilir.

Katot ışını tüpünün çalışma prensibi:

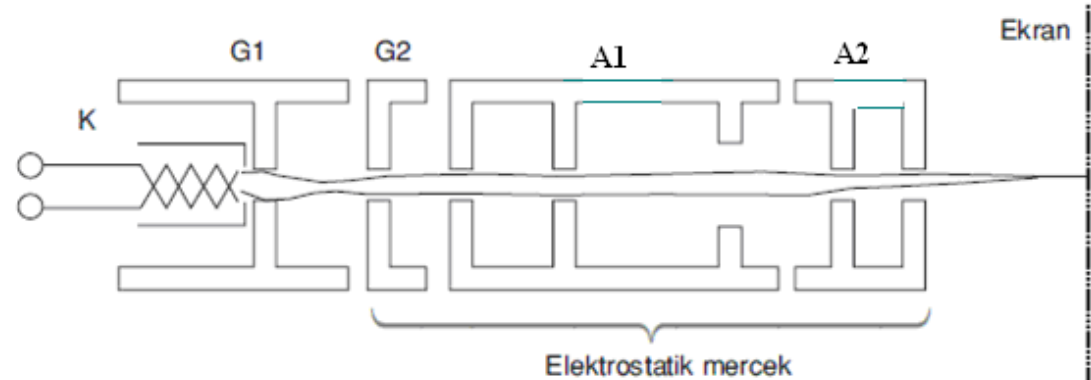
G_2 elektrotu A_2 'ye içten bağlıdır ve her ikisi de K 'ya göre **artı** birkaç yüz (100-600) voltluk V_2 potansiyelinde çalışır.

Bu gerilimle oluşan alan, elektronları elektrot eksenini boyunca hızlandırır. A_1 elektrodu K ve G_2 'nin potansiyelleri arasında bir V_1 (K 'ya göre) potansiyelinde tutulur.

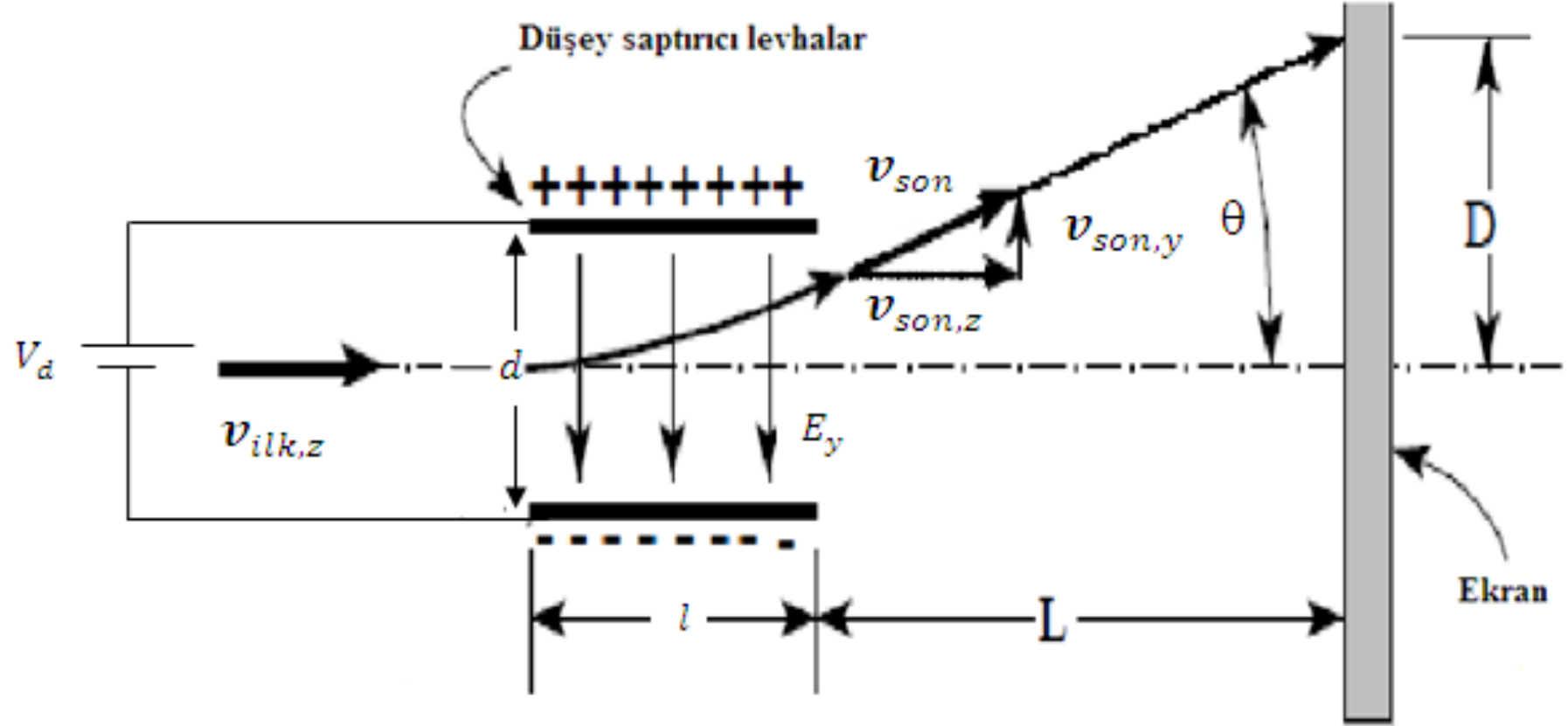
G_2 ve A_1 , A_1 ve A_2 arasında oluşan alanlar G_1 'den çeşitli doğrultularda çıkan elektronları küçük paralel bir demet halinde bir araya getirmeye yarar.

Bu demetin çapı aslında G_1 'deki deliğin çapına bağlıdır.

Odaklamanın tam olması V_1/V_2 oranında belli bir kritik değer veren gerilimlerin seçilmesi ile olur.



EA-1



Şekil-7. Elektronların düşey saptırıcılar tarafından saptırılması.

$$\text{Sapma miktarı: } D = L' \frac{V_d}{V_2} \frac{l}{2d} \qquad \text{Sapma açısı: } \tan\theta = \frac{D}{L'} = \frac{V_d}{V_2} \frac{l}{2d}$$

$$(L' = L + l/2)$$

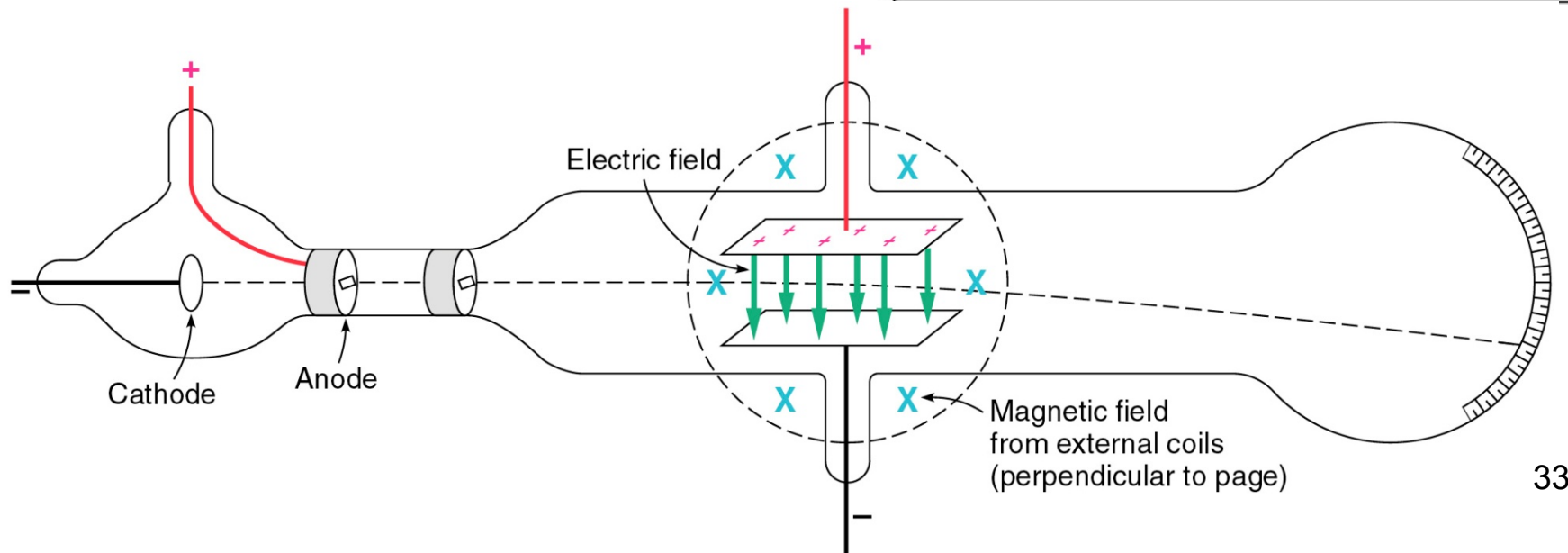
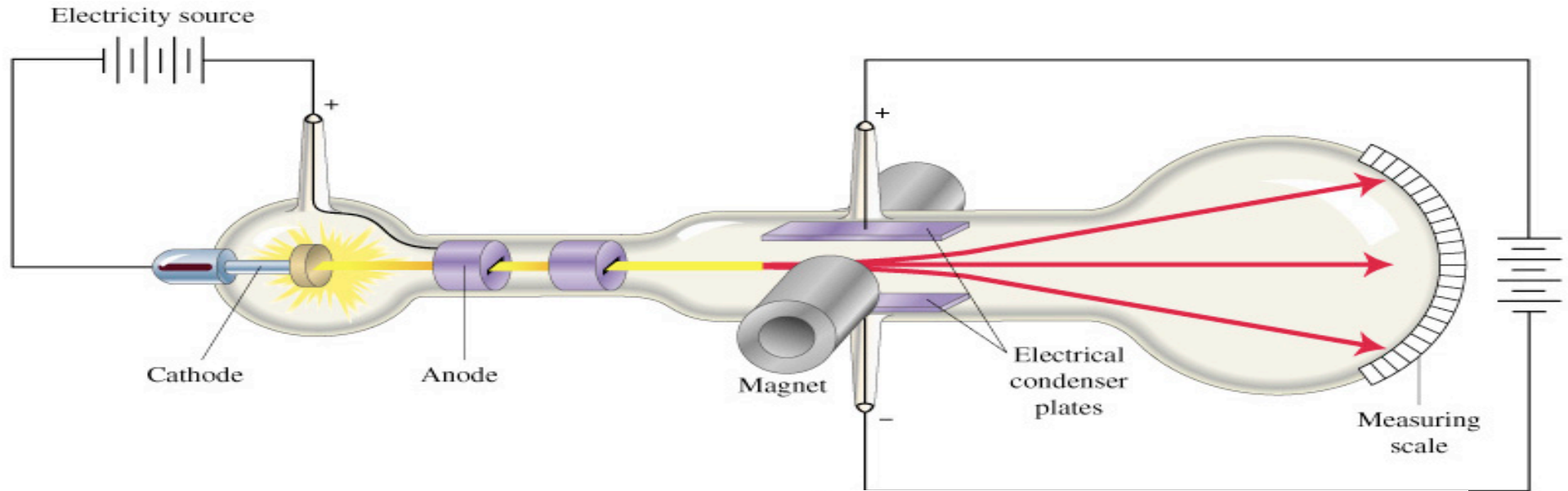
Katot ışını tüpünün çalışma prensibi:

Çiftlerden herhangi birinin iki levhası arasına bir potansiyel farkı uygulanması ile demeti saptıran bir elektrik alanı oluşur (Deneylerimizde katot ışını tüpünün yerleşimi elektronları yatay ve düşey doğrultuda saptıracak şekilde ayarlanmıştır). Bu sapma olayı Deney EA-1'de ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Son olarak, elektron demeti tüpün floresan madde ile kaplı ekran kısmına çarpar. Floresan madde elektron demetinin çarpması ile görünür şekilde ışıldar.

Bu olay, elektronların fosfor atomları ile çarpışıp onlardan bir kısmını normal durumlarından daha yüksek enerji düzeylerine çıkarması sonucu olur. Atomlar normal enerji düzeyine veya “taban haline” dönünce enerjileri görünür ışık halinde salarlar.

Elektronların Hızlanması ve Sapması



EA-1

2. SAPMA ÖLÇÜMÜ

Sapma miktarı: $D = L' \frac{V_d}{V_2} \frac{l}{2d}$ Sapma açısı: $\tan\theta = \frac{V_d}{V_2} \frac{l}{2d}$

- Hızlandırıcı ve odaklayıcı gerilimleri (V_2 ve V_1) sabit tutarak D sapmasını V_d saptırıcı geriliminin fonksiyonu olarak ölçünüz.
- Saptırıcı levhaların merkezinin perdeye olan $L' = L + l/2$ uzaklığını ölçünüz veya katot ışını tüpünün kataloğundan alınız (DG7-119).
- V_d 'nin her değeri için $\tan\theta$ 'yi hesaplayınız ve $\tan\theta$ 'yi V_d 'nin fonksiyonu olarak bir grafikte gösteriniz.
- Eğrinin şekli nasıl olmalıdır?

EA-1

Sapma miktarı: $D = L' \frac{V_d}{V_2} \frac{l}{2d}$ Sapma açısı: $\tan\theta = \frac{V_d}{V_2} \frac{l}{2d}$

3. DEMET GERİLİMLERİNİN DEĞİŞTİRİLMESİ

- V_2 'nin değerini değiştiriniz,
- iyi bir odaklama için V_1 'i ayarlayınız
- tekrar $\tan\theta$ 'yı V_d 'nin fonksiyonu olarak çiziniz.
- Birincisi ile bu grafik arasında ne gibi bir fark vardır?
- Deneyi V_1 'in en az iki değeri için daha tekrarlayınız.

4. GRAFİKLE ÇÖZÜMLEME

Her $\tan\theta$ değerini karşılığı olan V_2 değeri ile çarpınız ve $V_2 \tan\theta$ 'yı V_d 'nin bir fonksiyonu olarak çiziniz. Sonucun ne olması gerektiğini bulabilir misiniz?

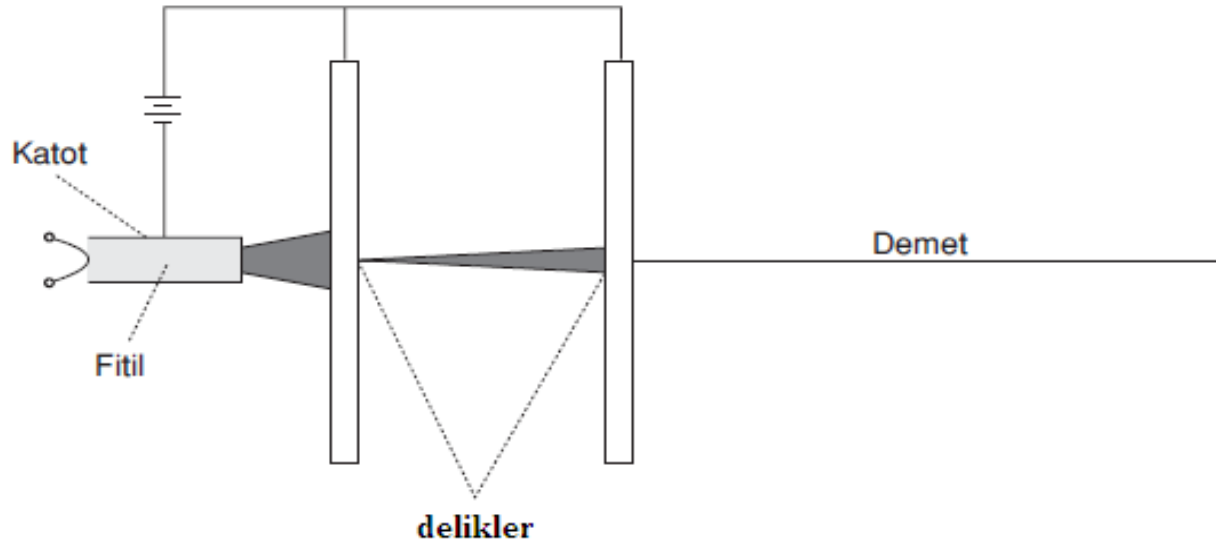
5. l/d 'NİN BULUNMASI

Yukarıdaki grafiklerden l/d oranının değerini bulabilir misiniz?
Bulduğunuz değeri levhaların doğrudan doğruya ölçülmesi ile elde edilen değerlerle karşılaştırınız.

EA - 2

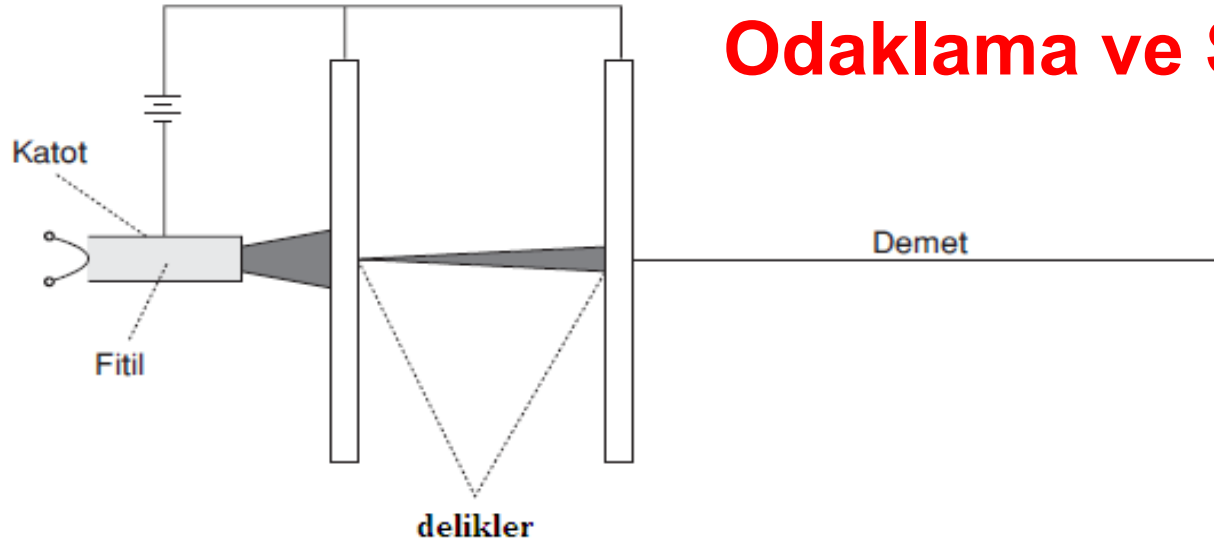
Odaklama ve Şiddet Ayarı

Bu de-neyde katot ışını tüpünün elektron tabancasını oluşturan çeşitli elektrotlarla elektron demetinin nasıl denetim altına alındığını ve nasıl odaklandığını inceleyeceğiz. Odaklayıcı elektrotların işleyişi bir ışık demetini odaklayan yakınsak merceklerinkinin tam benzeridir ve bu benzerlik, ayrıntıları ile aşağıda tartışılacaktır.



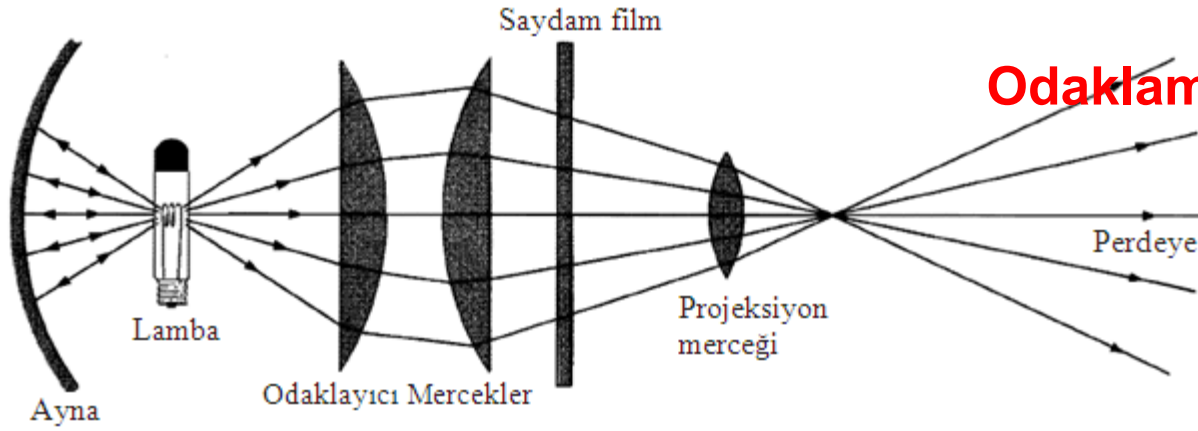
EA - 2

Odaklama ve Şiddet Ayarı



Bir elektron demeti ilkeler bakımından Şekil-10'da gösterilen düzenek ile oluşturulabilir; delikleri ye-terince küçülterek demeti istediğimiz kadar inceltebiliriz.

Uygulamadaki güçlük, elektronların ısıtılan katottan her doğrultuda püskürülmesinden gelir; bun-ların, yalnız çok küçük bir kısmı anot deliklerinden doğrudan geçecek yönde çıkar. Elektronlardan ço-ğu ekrana değil anotlara vurur; sonuçta ekrandaki nokta görülemeyecek kadar sönük olabilir.



EA - 2 Odaklama ve Şiddet Ayarı

Uygun biçimde elektrik alanı kullanarak ilk hızları eksen doğrultusunda olmayan elektronların doğrultusu değiştirilebilir.

Böylece çok daha şiddetli bir demet ve dolayısı ile daha parlak bir nokta elde edilebilir.

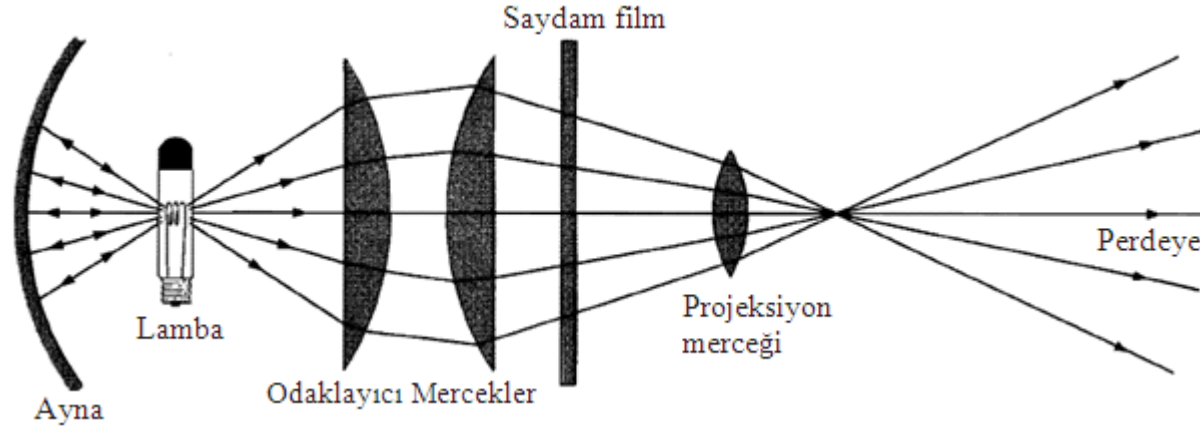
Durum şekilde gösterilen bir slayt (saydam film) projeksiyon makinesindeki toplayıcı mercek ile aynanın oluşturduğu sisteme benzemektedir.

Bu sistem, projeksiyon lambasından çeşitli doğrultularda çıkan ışığın “toplanıp” yakınsanarak filmde ve projeksiyon merceğinden geçip perdeye ulaşmasını sağlar.

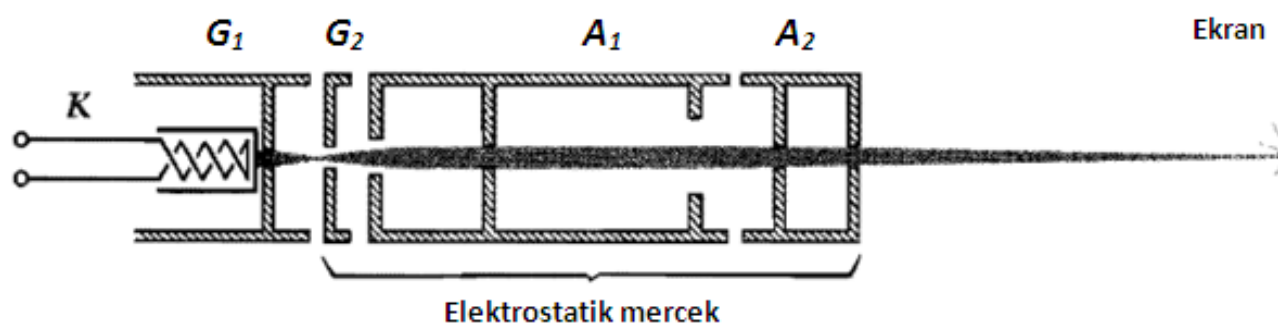
Toplayıcı mercekleri çıkarılırsa perdede görüntü yine görülür fakat şiddeti çok zayıflamıştır.

EA - 2

Odaklama ve Şiddet Ayarı



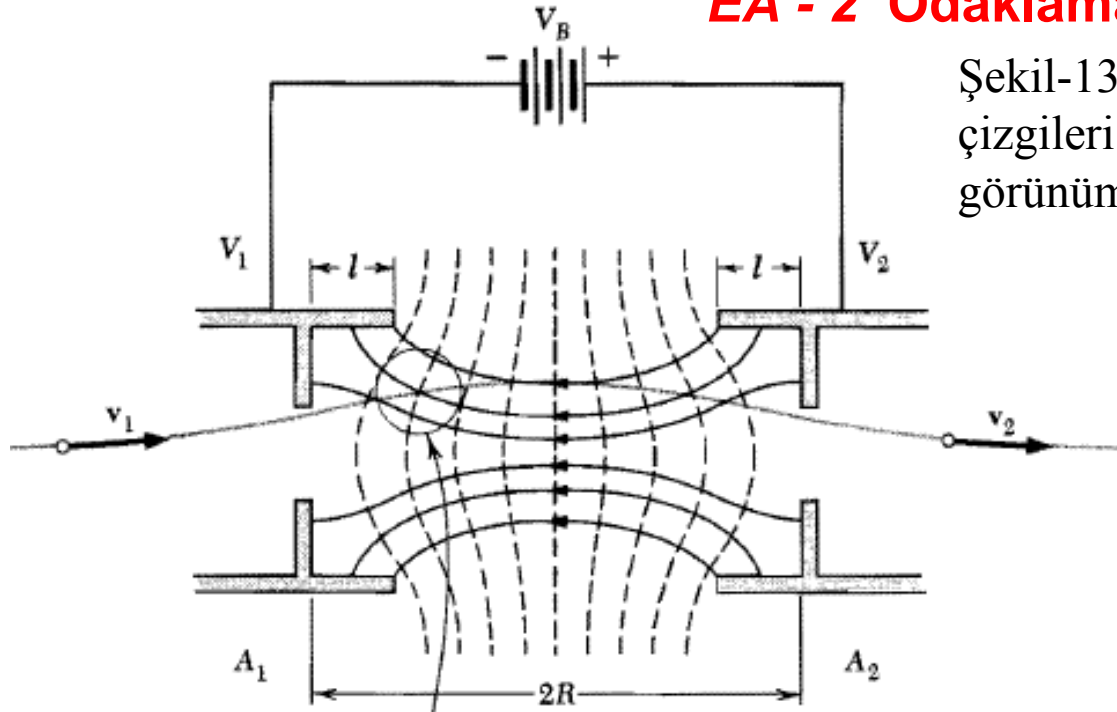
Şekil-12 çeşitli elektron demetinin kesitini göstermektedir. Hızlandırıcı ve odaklayıcı alanlar başlıca elek-trotlar arasındaki bölgelerde bulunur; eş potansiyel yüzeyler ile aşağı yukarı tümüyle çevrili bulunduğu için A_1 ve A_2 ' nin içinde hemen hiç alan yoktur.



Şekil-12. Tipik bir katot ışını tüpünün elektron tabancası kısmının kesit görünümü.

EA - 2 Odaklama ve Şiddet Ayarı

Şekil-13. Odaklama bölgesindeki elektrik alan çizgileri ve eş-potansiyel eğrilerinin ayrıntılı görünümü.



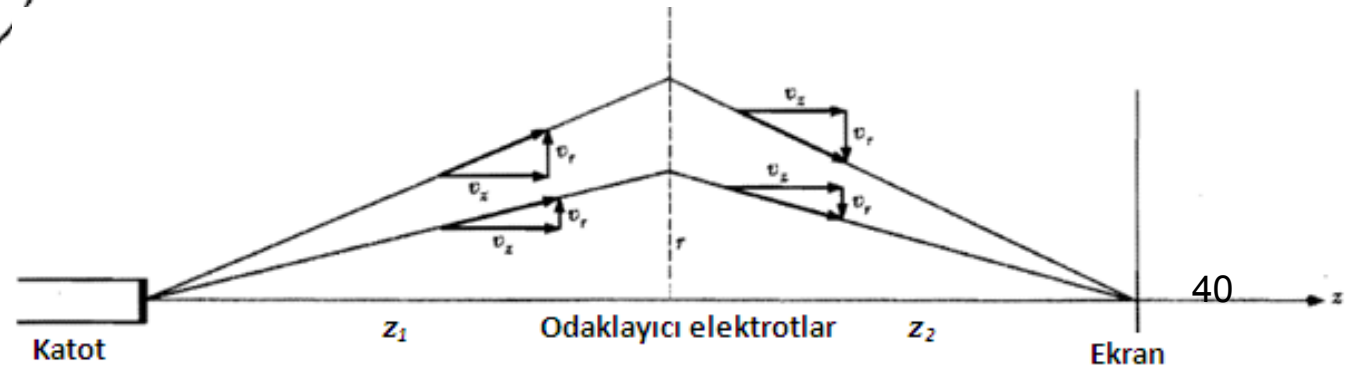
3BP1 ve benzer tüplerdeki elektron tabancası için odaklama koşulu

$$V_1/V_2 = 1/4$$

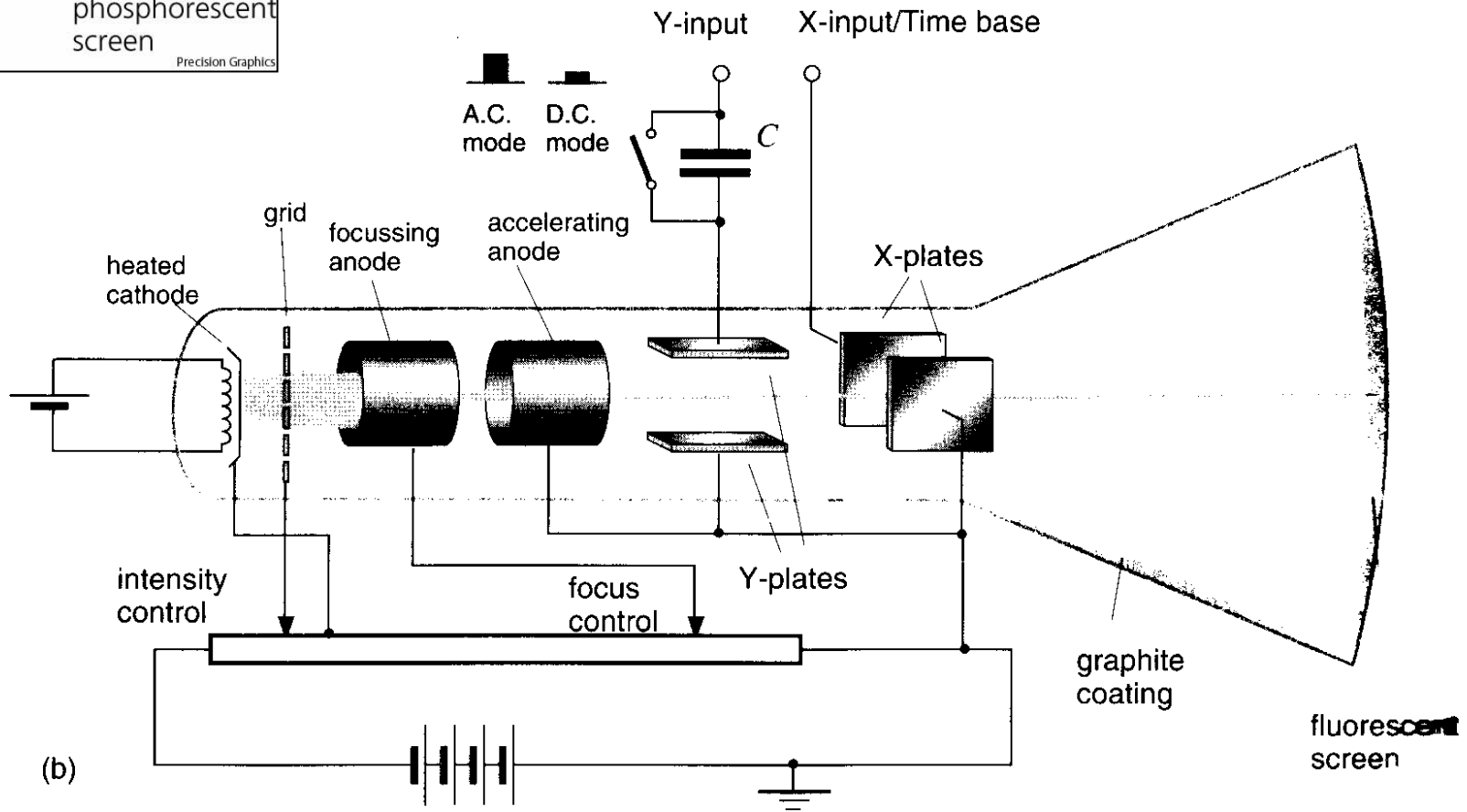
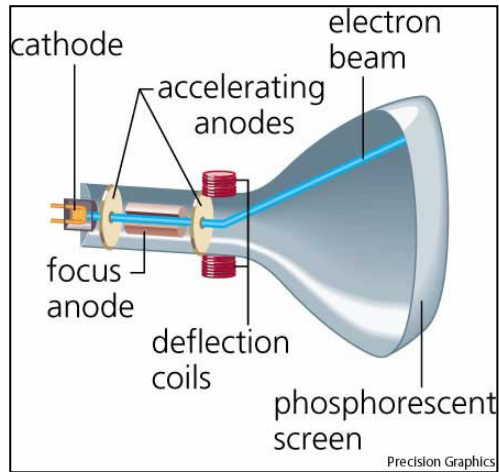
ve

$$V_1/V_2 = 3$$

— Alan eğriler
- - - Eşpotansiyel eğriler

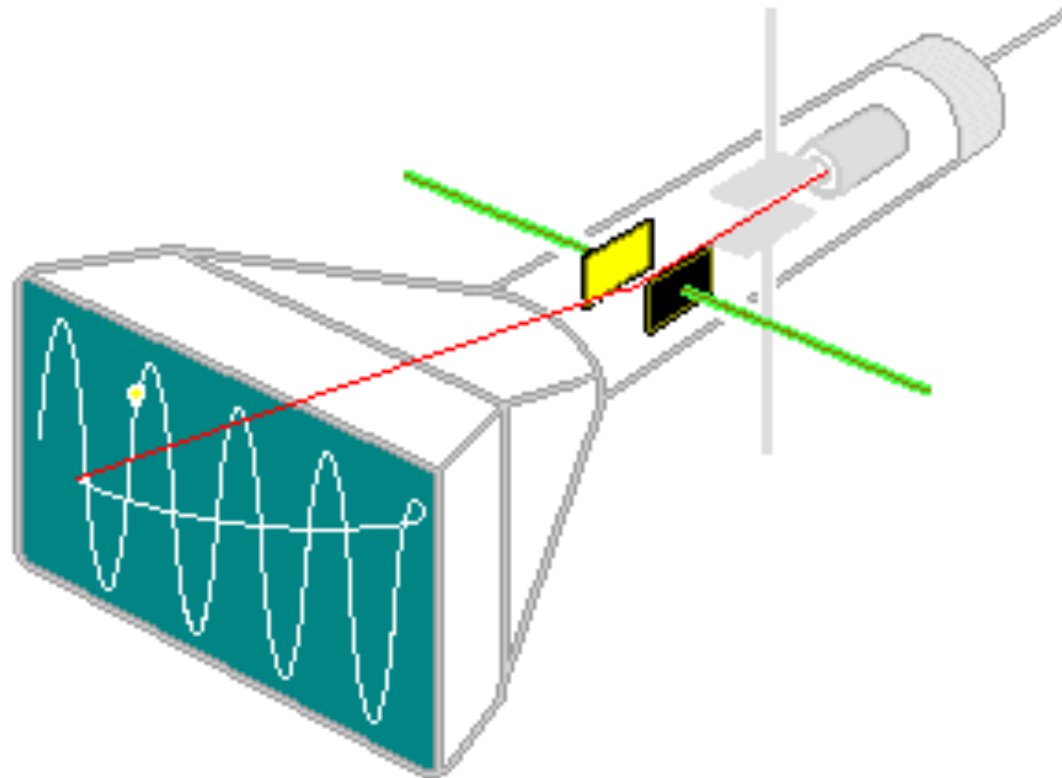


KATOT IŞINLARI TÜPÜ



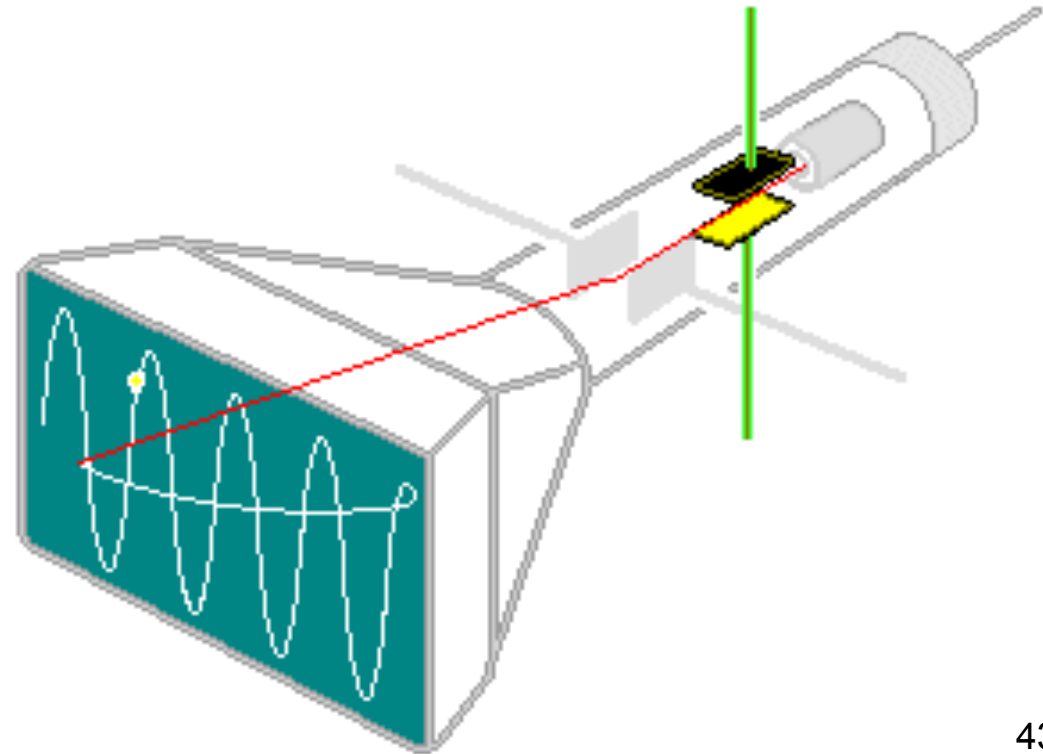
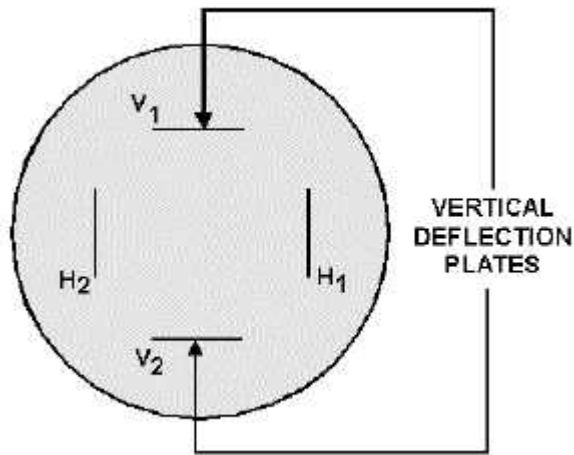
Elektronların Hızlanması ve Sapması

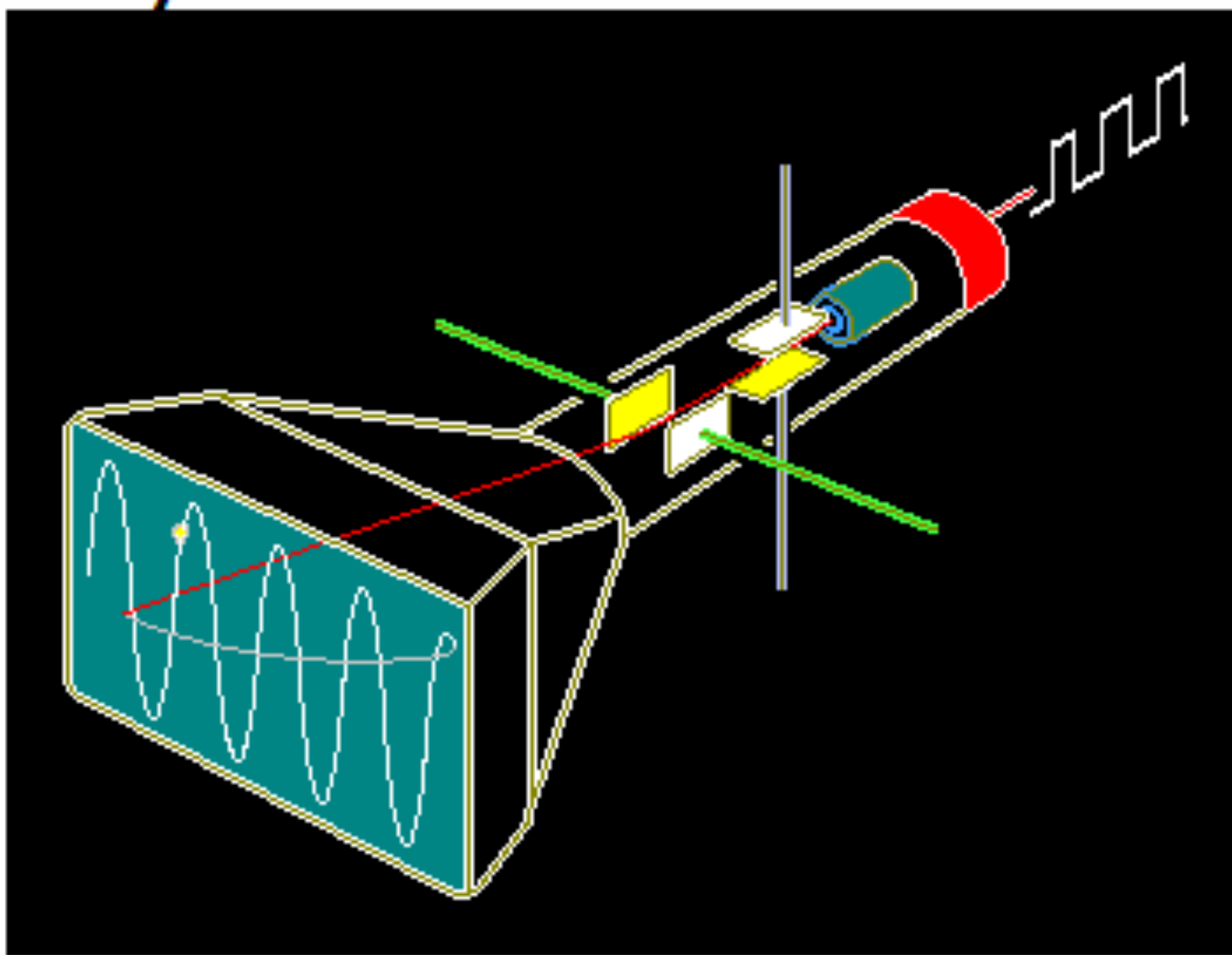
Yatay saptırıcı



Elektronların Hızlanması ve Sapması

Düşey saptırıcı





Manyetik Alan (**B**)

Manyetik Kuvvet (**F_B**)

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$$

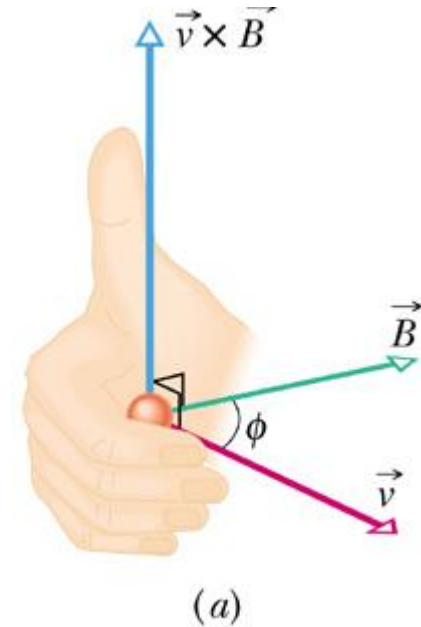
Yüklü parçacığın manyetik alan içinde hareketi

28-3. Definition of B-Field

$$\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B}$$

B-field: acts on a **moving** charge

$$F_B = |q| v B \sin \phi \quad \left[N = C \frac{m}{s} \{B\} \right]$$

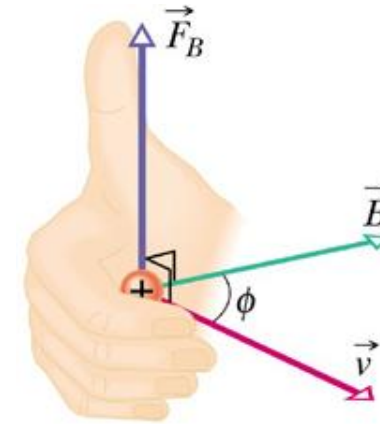
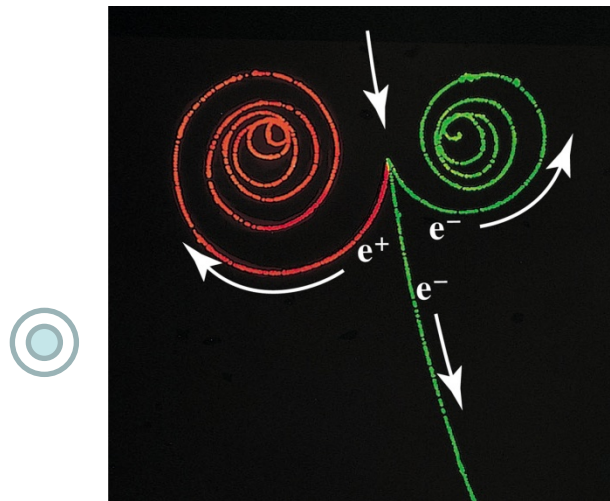


$$B \left[N = \frac{Ns}{Cm} = \frac{N}{(C/s)m} = \frac{N}{Am} \equiv T \right] \text{ Tesla}$$

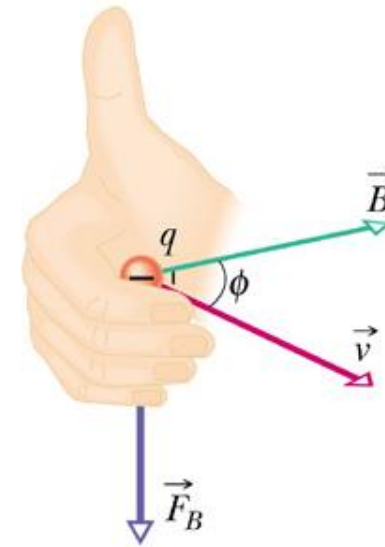
$$1T = 10^4 G \quad \text{Gauss}$$

28-3. Definition of B-Field

$$\vec{F}_B = q \vec{v} \times \vec{B}$$



(b)

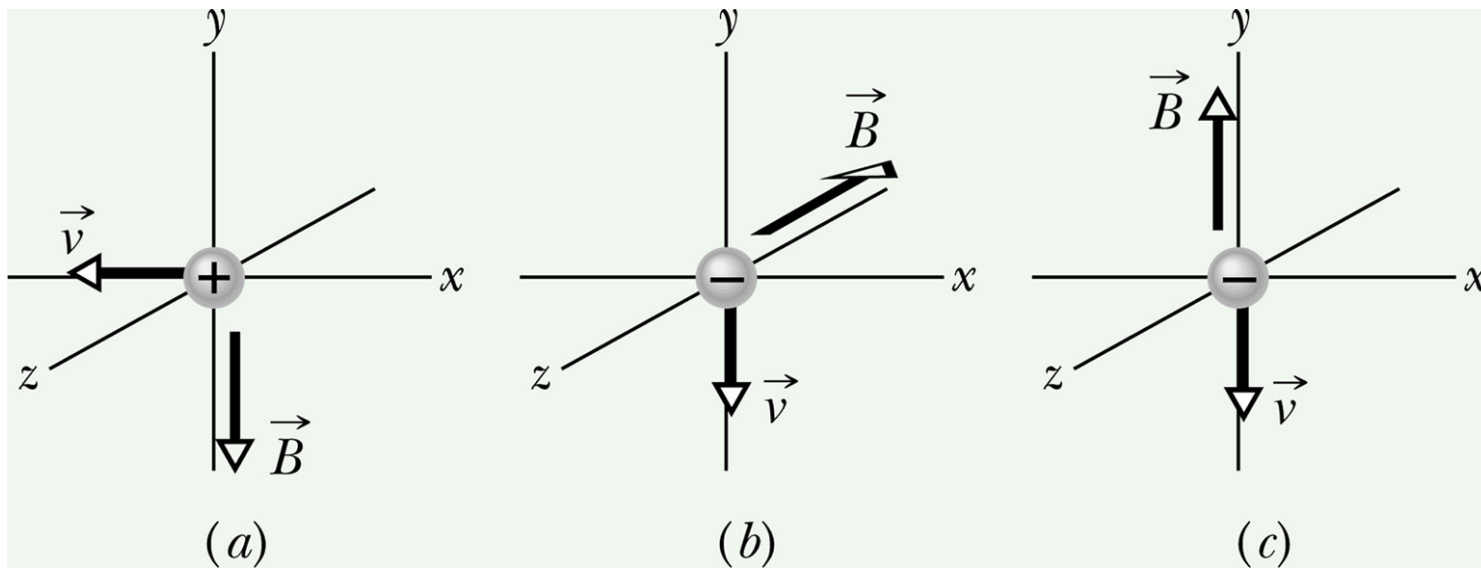


(c)

$$F_B = |q| v B \sin \phi$$

28-3. Definition of B-Field

What is the direction of the magnetic force?



What Produces a Magnetic Field

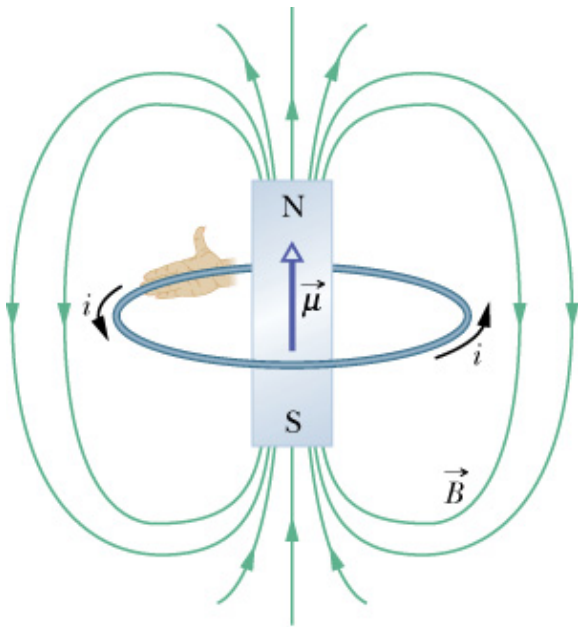
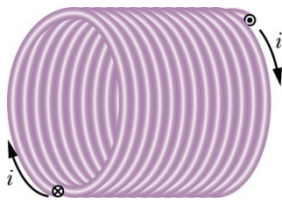
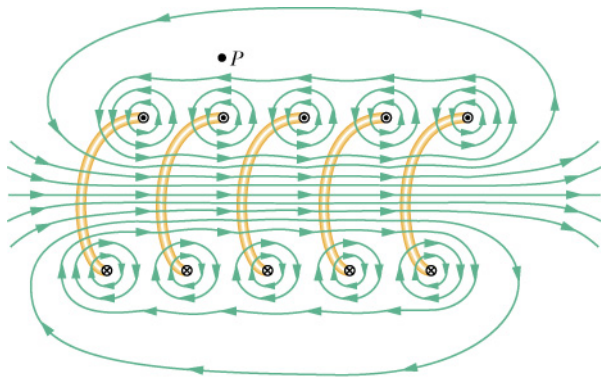
One can generate a magnetic field using one of the following methods:

Pass a current through a wire and thus form what is known as an "electromagnet."

Use a "permanent" magnet.

Empirically we know that both types of magnets attract small pieces of iron. Also, if suspended so that they can rotate freely they align themselves along the north-south direction. We can thus say that these magnets create in the surrounding space a "magnetic field" \vec{B} , which manifests itself by exerting a magnetic force \vec{F}_B .

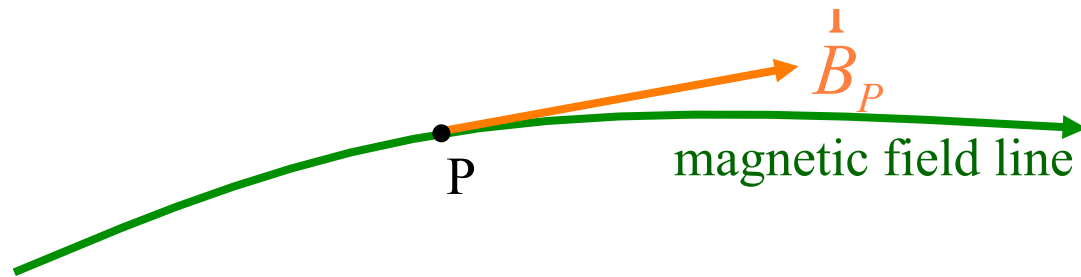
We will use the magnetic force to define precisely the magnetic field vector \vec{B} .



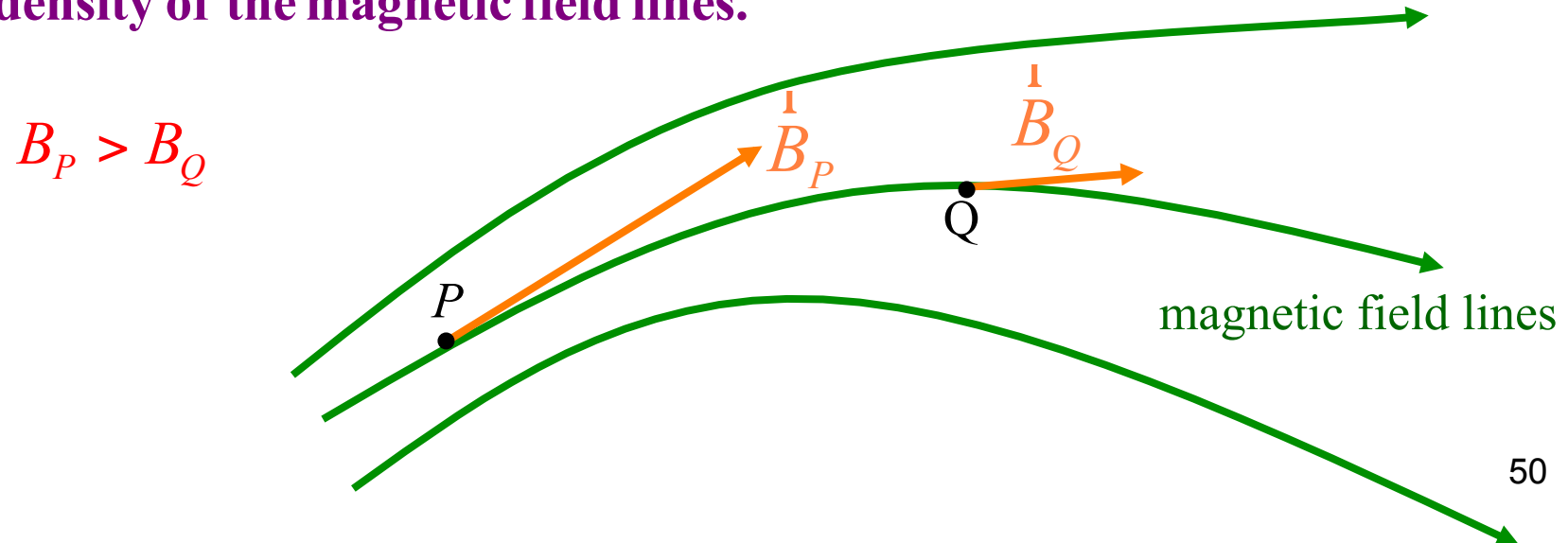
Magnetic Field Lines : In analogy with the electric field lines we introduce the concept of magnetic field lines, which help visualize the magnetic field vector \vec{B} without using equations.

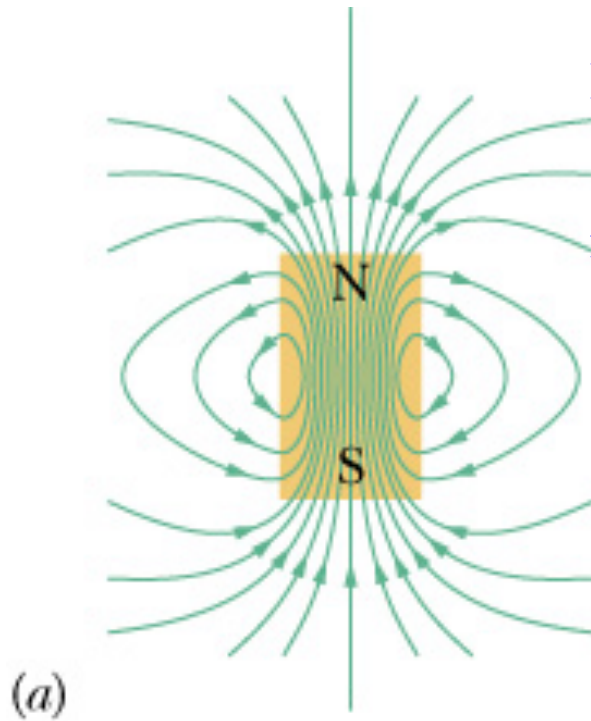
In the relation between the magnetic field lines and \vec{B} :

1. At any point P the magnetic field vector \vec{B} is tangent to the magnetic field lines.



2. The magnitude of the magnetic field vector \vec{B} is proportional to the density of the magnetic field lines.





Magnetic Field Lines of a Permanent Magnet

The magnetic field lines of a permanent magnet are shown in the figure. The lines pass through the body of the magnet and form **closed** loops. This is in contrast to the electric field lines that originate and terminate on electric charges.

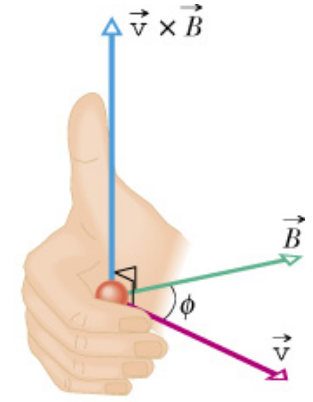
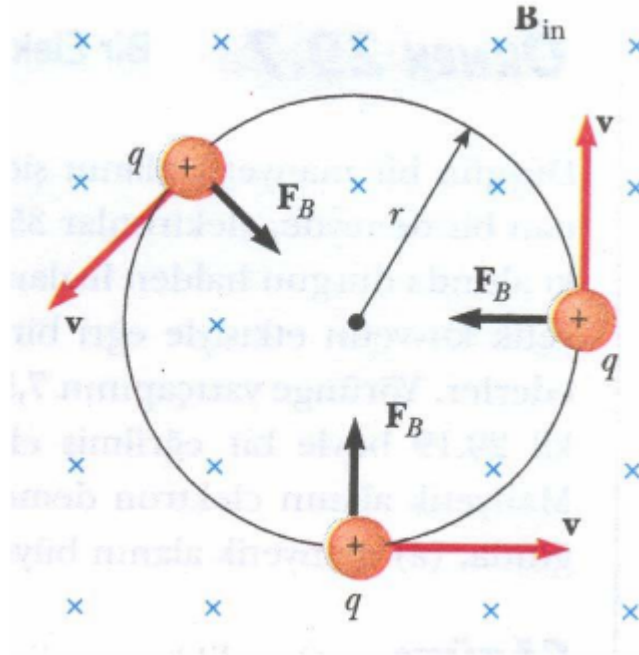
The closed magnetic field lines enter one point of the magnet and exit at the other end. The end of the magnet from which the lines emerge is known as the *north pole* of the magnet.

The other end where the lines enter is called the *south pole* of the magnet. The two poles of the magnet cannot be separated. Together they form what is known as a "**magnetic dipole.**"

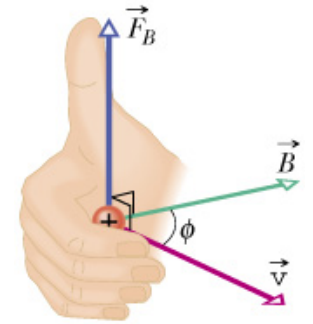
q yükünün manyetik alandaki hareketi:

$$\vec{F}_B = q\vec{v} \times \vec{B}$$

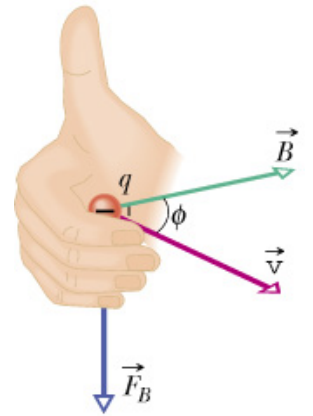
$$F_B = |q|vB \sin \phi$$



(a)



(b)



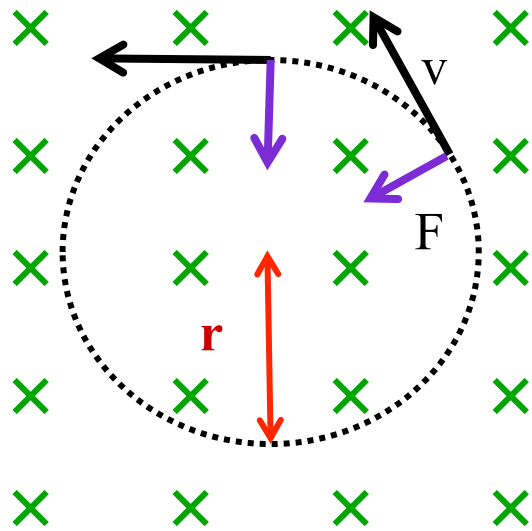
(c)

52

Yüklü bir parçacığın hızı düzgün bir manyetik alana dik olduğunda, parçacık, \vec{B} ye dik olan düzlemde çember biçimli bir yörüngede hareket eder. Yüke etkiyen \vec{F}_B manyetik kuvveti, her zaman çemberin merkezine doğru yönelir.

28-6. A Circulating Charged Particle

What is the direction of the magnetic force?



B into blackboard.

Magnetic force is perpendicular to motion, the movement of charges is **circular**.

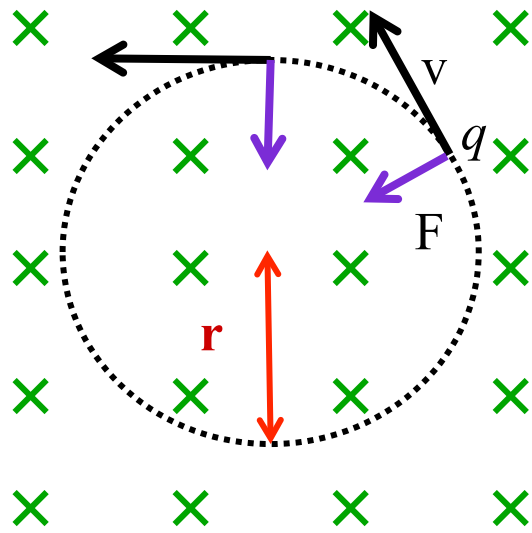
$$F = ma = m \frac{v^2}{r}$$

$$qvB = \frac{mv^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{qB}$$

28-6. A Circulating Charged Particle

What is the period of the revolution?

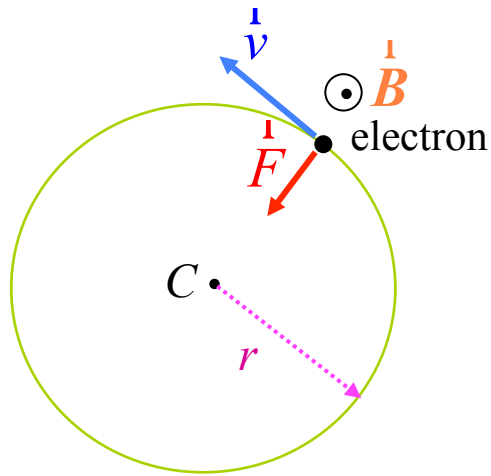


B into blackboard.

$$r = \frac{mv}{qB}$$

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi m v}{v q B}$$

$$f = \frac{1}{T} = \left(\frac{1}{2\pi} \right) \frac{q B}{m}$$



Motion of a Charged Particle in a Uniform Magnetic Field (also known as *cyclotron motion*)

A particle of mass m and charge q , when injected with a speed v at right angles to a uniform magnetic field B , follows a circular orbit with uniform speed. The centripetal force required for such motion is provided by the magnetic force

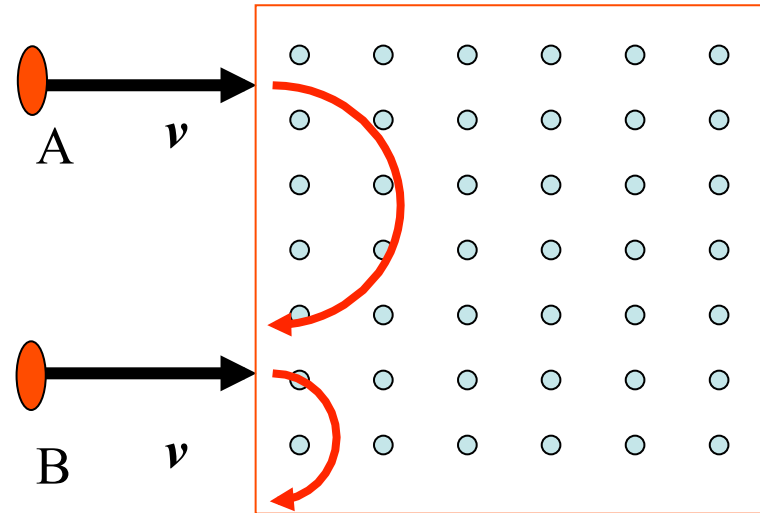
$$F_B = qv \times B$$

Note 1: The cyclotron period does not depend on the speed v . All particles of the same mass complete their circular orbit during the same time T regardless of speed.

Note 2: Fast particles move on larger-radius circular orbits, while slower particles move on smaller-radius orbits. All orbits have the same period T .

28-6. A Circulating Charged Particle

Two charged ions A and B traveling with a constant velocity v enter a box in which there is a uniform magnetic field directed out of the page. The subsequent paths are as shown. What can you conclude?



- (a) Both ions are negatively charged.
- (b) Ion A has a larger mass than B .
- (c) Ion A has a larger charge than B .
- (d) None of the above.

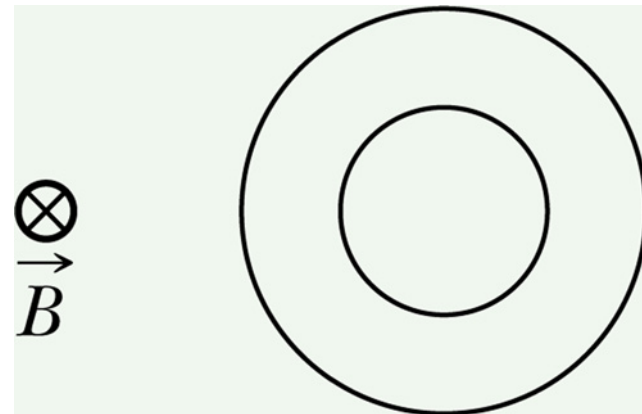
$$r = \frac{mv}{qB}$$

Same speed v and same B for both masses.

So: ion with larger mass/charge ratio (m/q) moves in circle of larger radius. But that's all we know! Don't know m or q separately.

28-6. A Circulating Charged Particle

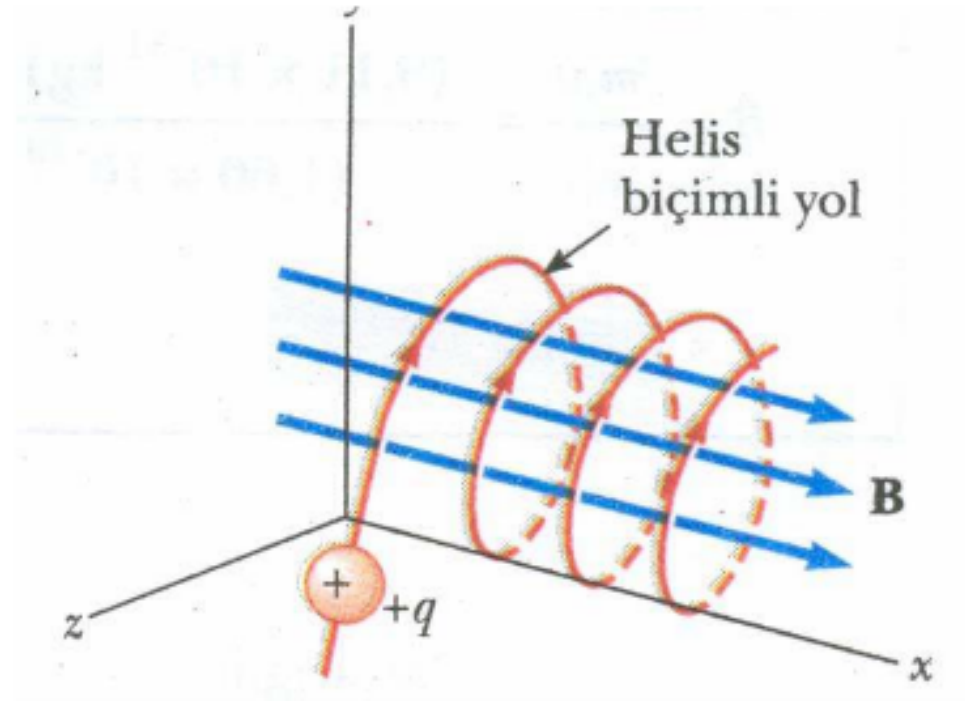
One particle is an electron, the other is a proton.



(a) Which follows the smaller circle?

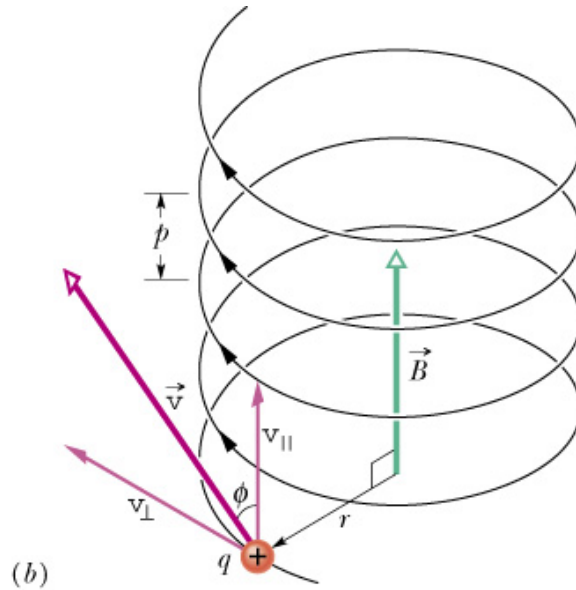
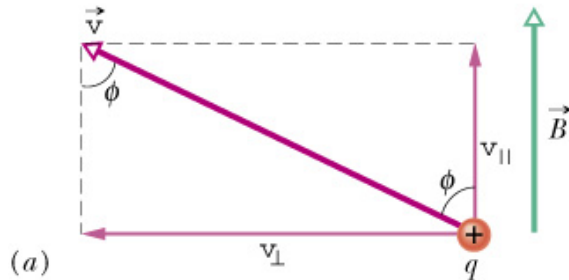
(b) Does that particle travel clockwise or counterclockwise?

B: Yüklü bir parçacık düzgün bir manyetik alan içerisinde hızı, \vec{B} ile keyfî bir açı yapacak şekilde hareket ederse, yolun şekli helis biçiminde olur.



$$r = \frac{mv_{\perp}}{|q|B}$$

$$T = \frac{2\pi m}{|q|B}$$



Helical Paths

We now consider the motion of a charge in a uniform magnetic field \vec{B} when its initial velocity \vec{v} forms an angle ϕ with \vec{B} . We decompose \vec{v} into two components.

One component (v_{\perp}) is parallel to \vec{B} and the other (v_{\parallel}) is perpendicular to \vec{B} (see fig. a):

$v_{\parallel} = v \cos \phi$ $v_{\perp} = v \sin \phi$ The particle executes two independent motions.

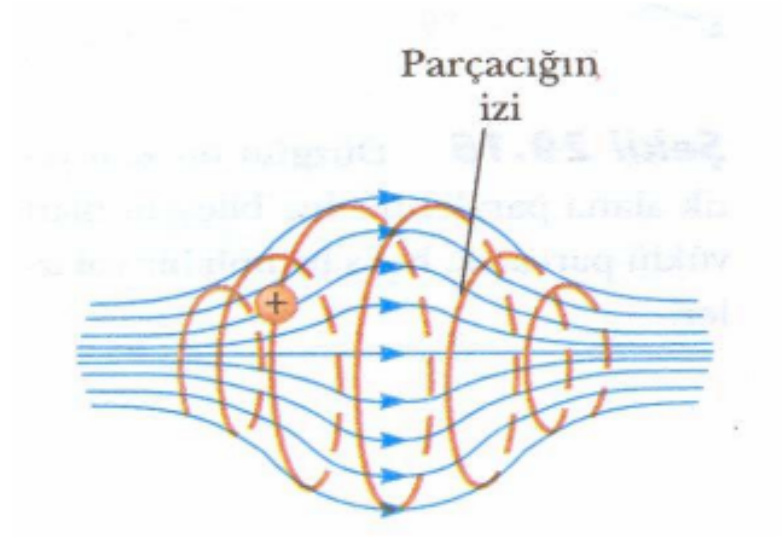
One, the cyclotron motion, is in the plane perpendicular to \vec{B} that we have

analyzed on the previous page. Its radius is $r = \frac{mv_{\perp}}{|q|B}$. Its period is $T = \frac{2\pi m}{|q|B}$.

The second motion is along the direction of \vec{B} and it is linear motion with constant speed v_{\parallel} . The combination of the two motions results in a helical path (see fig. b).

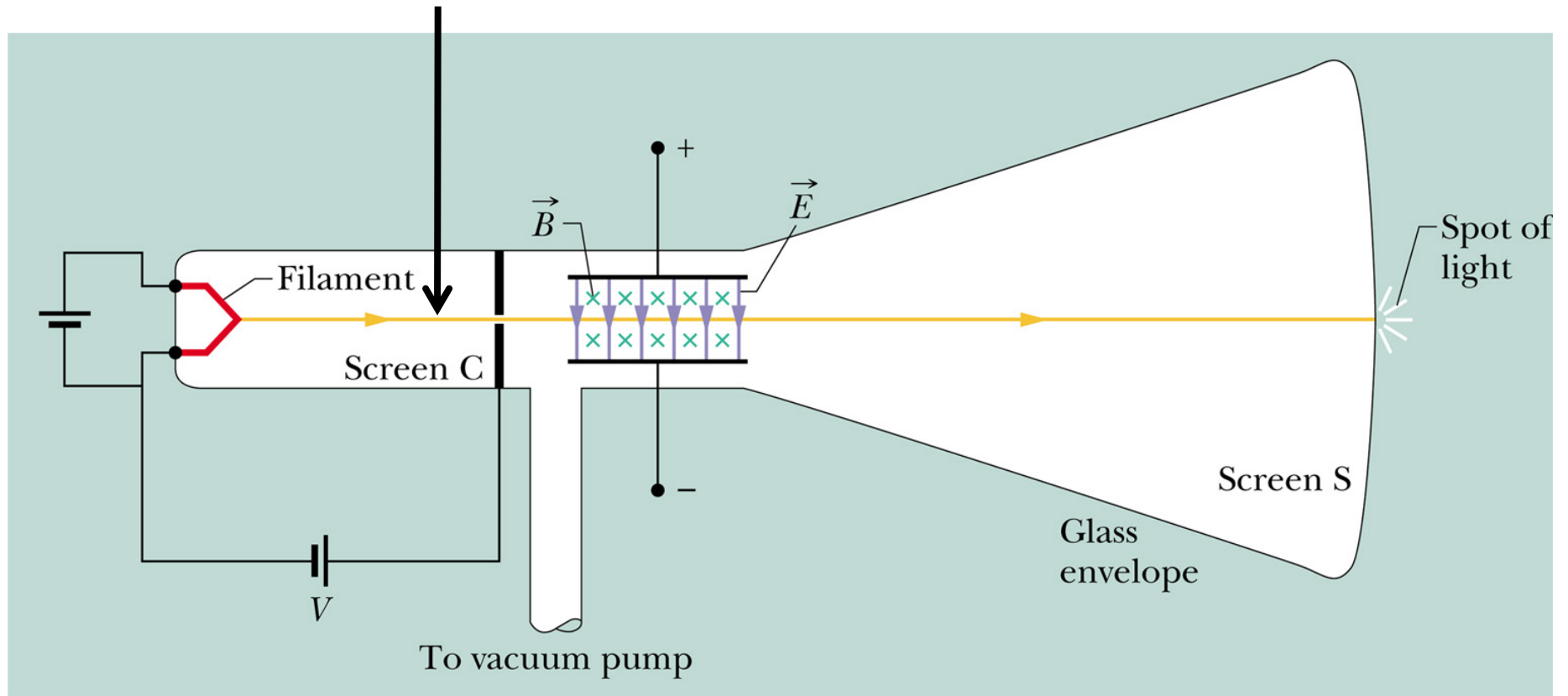
The pitch p of the helix is given by $p = T v_{\parallel} = \frac{2\pi m v \cos \phi}{|q|B}$.

C: Yüklü parçacıklar düzgün olmayan bir manyetik alanda hareket ettiklerinde, hareket oldukça karmaşıktır.

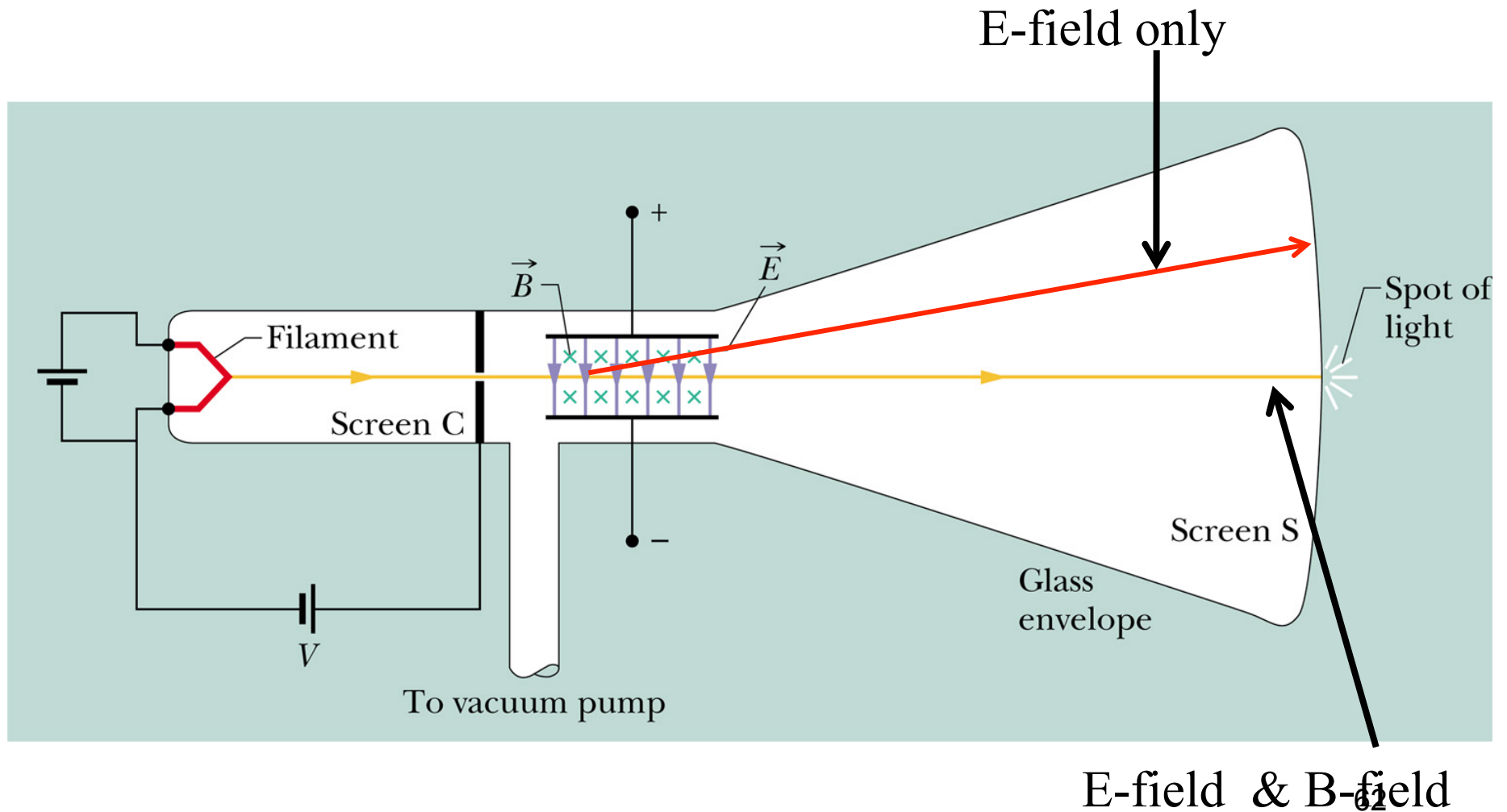


28-4. Crossed Fields

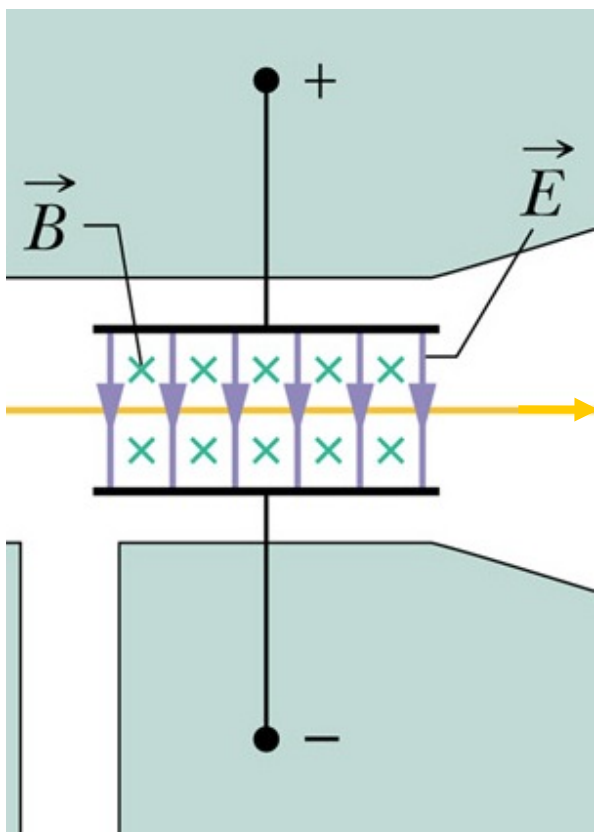
Charged Particles (positive? negative?)



28-4. Crossed Fields



28-4. Crossed Fields



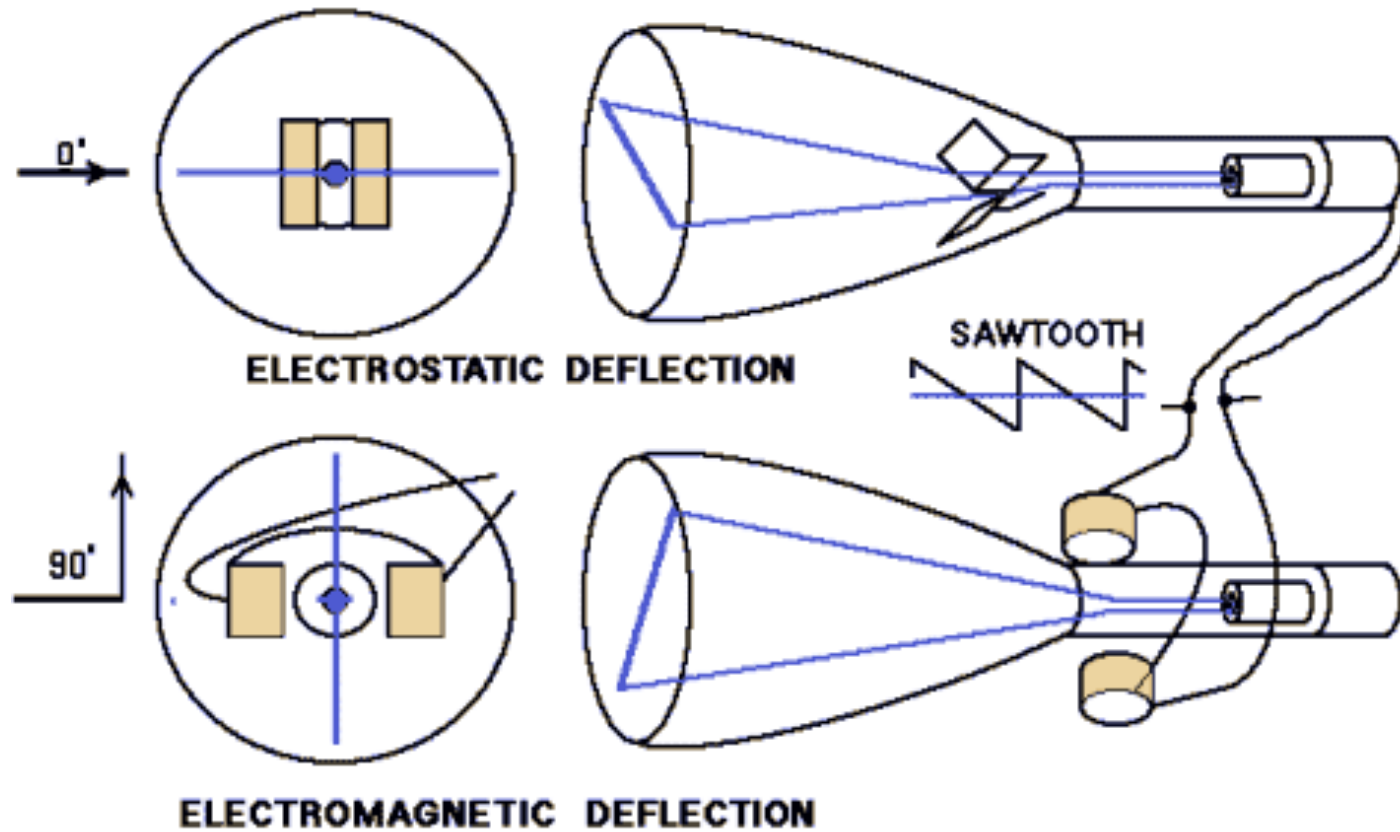
$$F_E = eE \quad \text{Upward}$$

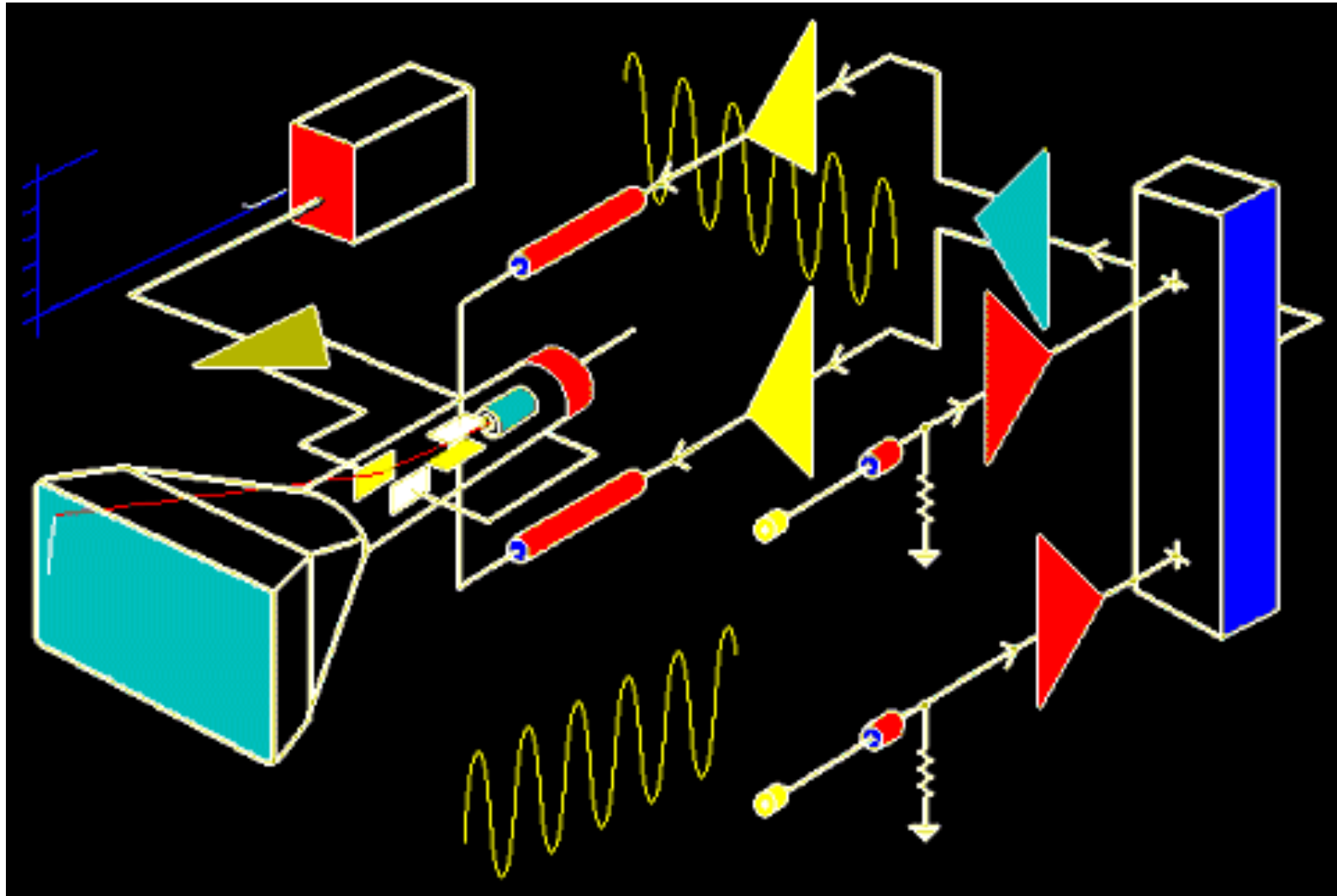
$$F_B = evB \quad \text{Downward}$$

To balance $vB = E$

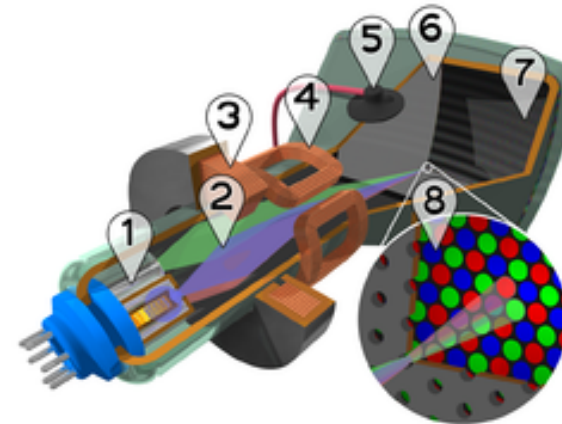
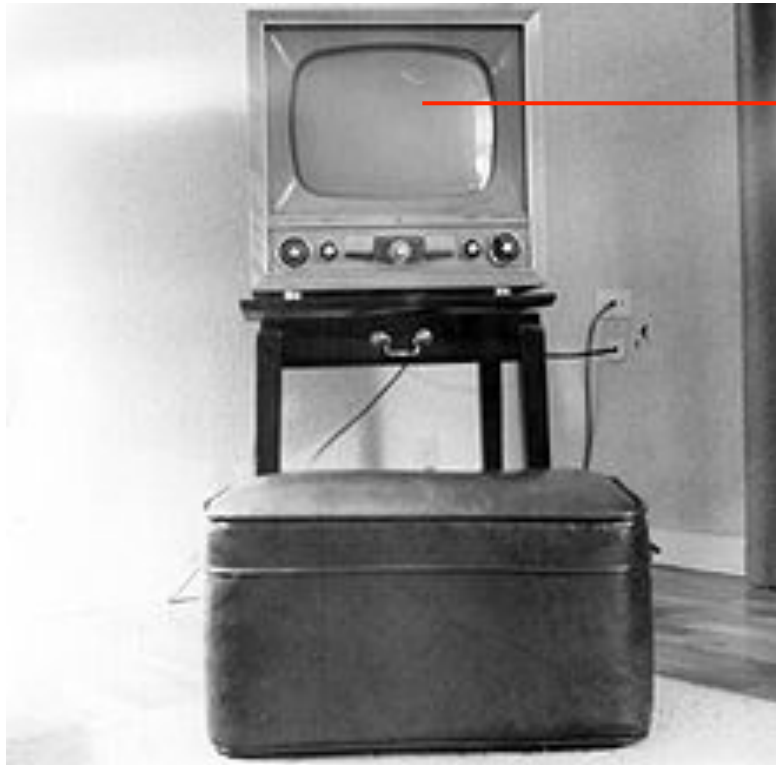
Deney *EA - 1*

Elektronların Elektrik Alanda ve Manyetik Alanda Sapması

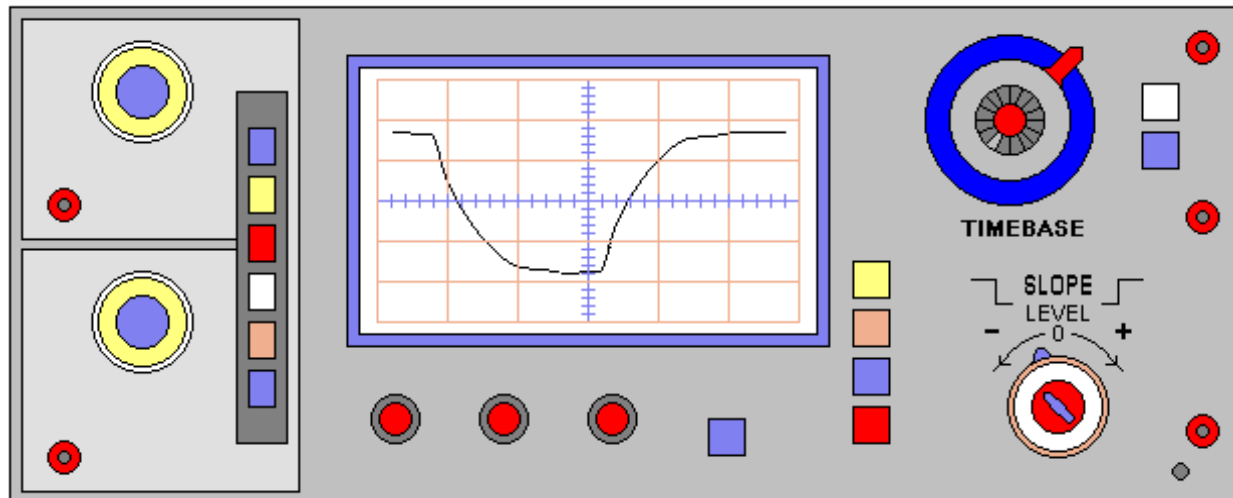




UYGULAMADAKİ YERLERİ



UYGULAMADAKİ YERLERİ



Katot ışınları tüpünün çalışma prensipler:

<http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=4QAzu6fe8rE&feature=endscreen>

http://www.youtube.com/watch?v=eO2Z_2d9UJc&feature=related

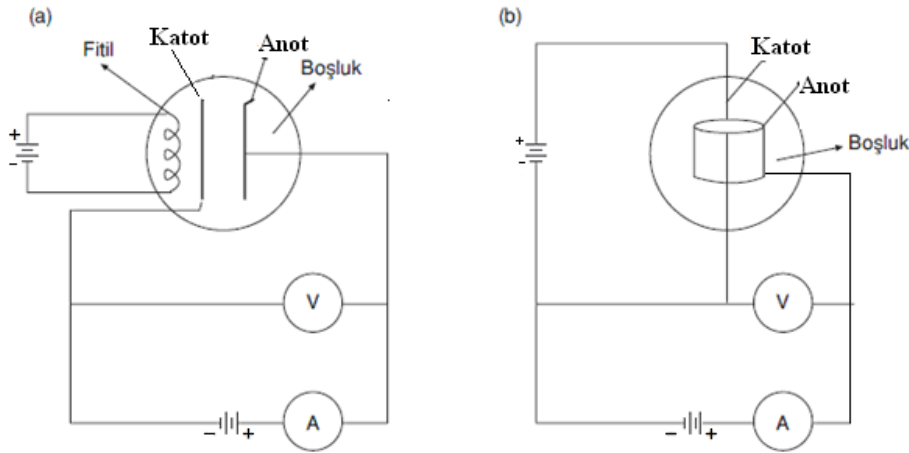
http://www.youtube.com/watch?NR=1&v=eO2Z_2d9UJc&feature=endscreen

http://www.youtube.com/watch?v=RW_zfKOU9uM

http://www.youtube.com/watch?v=k_WUb-1C010

Diyot Tüpleri ve Magnetron Koşulu

Bu deneyde, elektronların bir lamba diyot içindeki hareketini ele alacağız.



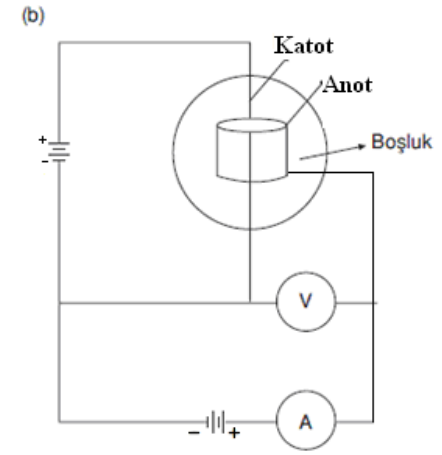
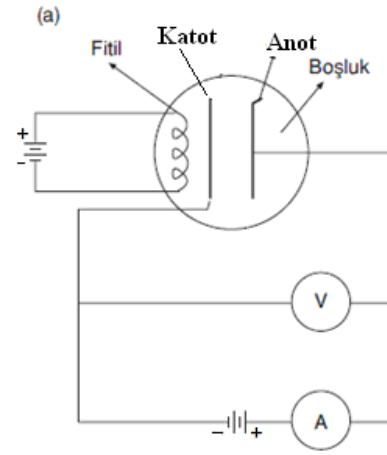
Şekil-22. Diyot lambanın bağlantısı ve yapısı (şematik)

Genellikle katot ve anot denilen iki elektrot havası alınmış bir cam balon veya tüp içerisine yerleştirilmiştir.



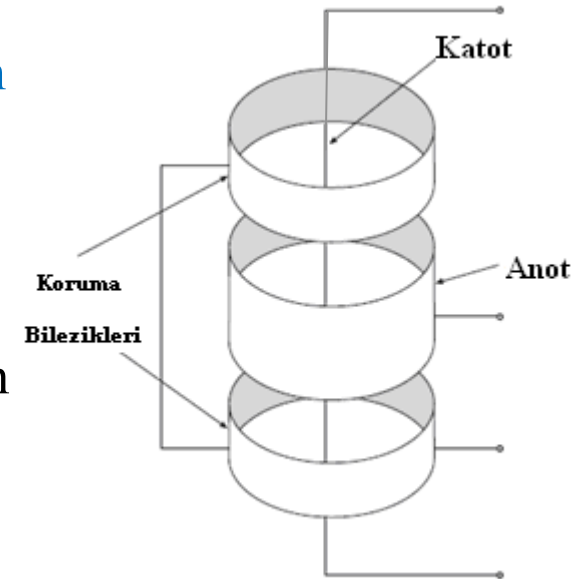
Şekil-24. Ferranti GRD7 diyot lambasının şematik geometrisi ve resmi.

Şekilden görüldüğü gibi katot ya doğrudan akım geçirilerek veya ayrı bir fitil ile dolaylı olarak 2500 K basamağında yüksek bir sıcaklığa kadar ısıtılır. Isıtılan katot termiyonik yayınlama denilen olayla elektron püskürtür.



Metal yüzeyinden kurtulmaları için elektronlar, bir potansiyel enerji engelini aşmak zorundadırlar, bunun için gerekli enerji bazı elektronlara termik uyarma ile verilir. Katot ne kadar çok ısınırsa birim zamanda püskürtülen elektron sayısı o kadar çok olur.

Elektronlar katottan bir kez kurtulduktan sonra tüpün içindeki boşlukta serbestçe hareket ederler.



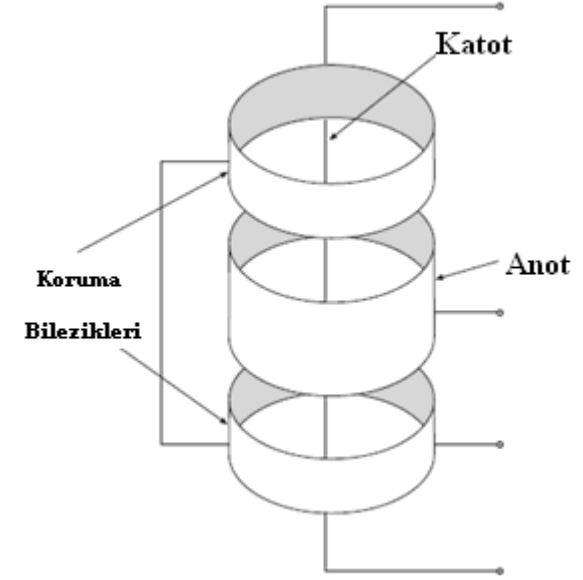
Katod ve anot arasında ortaya çıkan elek-trik alanı elektronları anoda doğru sürükler. Elektronlar dış devreden dolanarak katoda geri dönerler. Böylece doğan akım ölçülebilir ve akımın öteki değişkenlere olan bağıllığı incelenebilir.

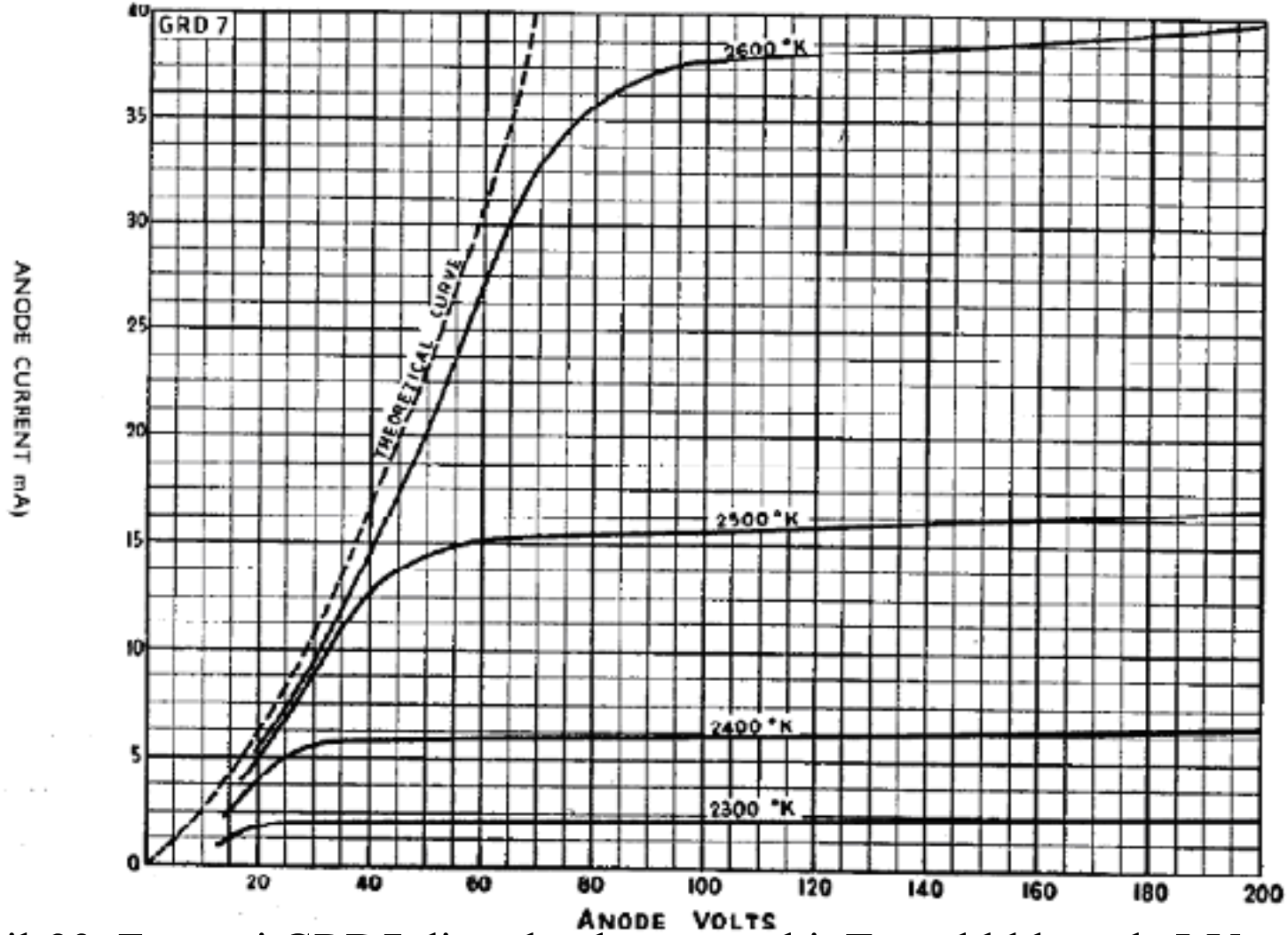
Katot ile anot arasındaki gerilim oldukça küçükse, çıkan elektronlar katot çevresinde uzay yükü adı verilen bir birikinti meydana getirirler.

Katoda yakın bölgedeki bu eksi yükü değişen elektrik alanı çıkan elektronları tekrar katoda doğru çevirmeye çalışır.

Gerilim yükselince uzay yükünün kenarındaki elektronlar anoda doğru daha hızlı hareket ederler; böylece uzay yükü azalır ve akım artan potansiyel ile artar.

Bu durumda akımın uzay yükü ile sınırlanmış olduğunu söyleyebiliriz. Şeki1-22’de gördüğümüz basit düzlemsel geometri için ve anot ile katodun aynı eksenli silindirler olduğu geometri için de I akımının V potansiyelinin üç bölü iki ($3/2$) kuvveti ile oranlı olduğu gösterilebilir.





Şekil-23. Ferranti GRD7 diyot lambasının sabit T sıcaklıklarında I-V eğrileri.
(<http://www.shinjo.info/frank/sheets/074/g/GRD7.pdf>’den alınmıştır.)

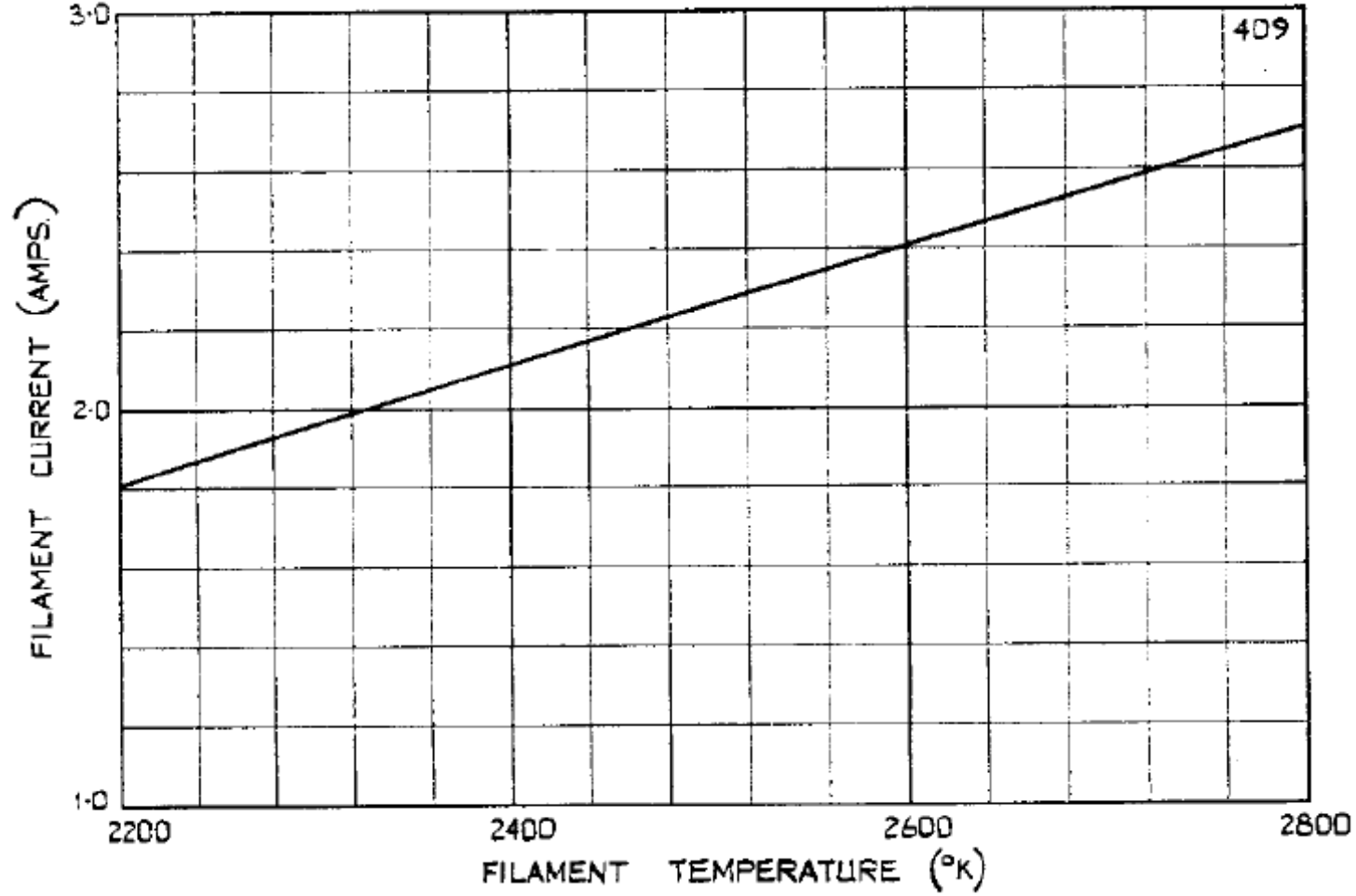
Langmuir Child Yasası:

$$I = \text{Sabit } V^{(3/2)}$$

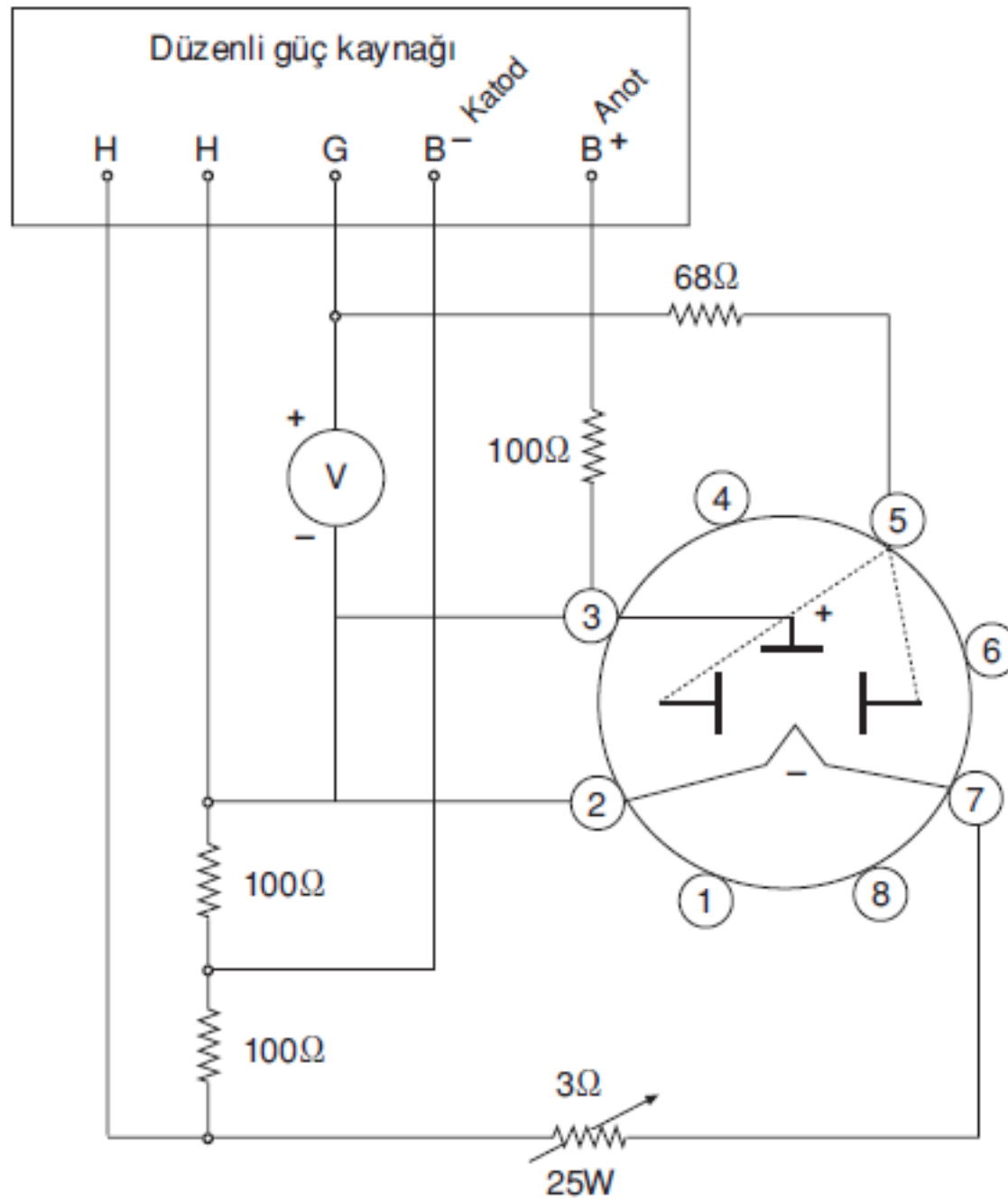
Üç yarım kuvvet yasası!

Richardson-Dushman Yasası:

$$I = \text{Sabit } (T^2) \exp(-\Phi/kT)$$



Şekil-27. Ferranti GRD7 diyodunun fitil akımı-fitil sıcaklığı verisi (<http://www.shinjo.info/frank/sheets/074/g/GRD7.pdf>'den alınmıştır.)



Magnetron Koşulu

