

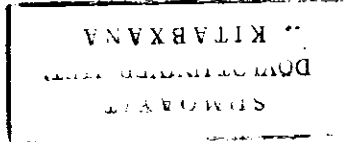
Ə.Ş.Abdinov, R.F.Mehdiyev, T.X.Hüseynov

268/6

# FİZİKİ ELEKTRONİKANIN TARİXİ VƏ METODOLOGİYASI

(ali məktəblər üçün dərs vəsaiti)

Azərbaycan Respublikası Təhsil  
Nazirliyinin 08 fevral 2008-ci il  
tarixli 187 sayılı əmri ilə təsdiq  
edilmişdir.



“Təhsil” nəşriyyatı

Bakı - 2008

530(09)

A14 fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, prof. Ə.Ş.Abdinovun  
ümumi redaktəsi ilə

**Rəy verənlər:**

- fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, prof. Ə.X.Muradov,
- fizika-riyaziyyat elmləri doktoru, prof. Y.Q.Nurullayev

Ə.Ş.Abdinov, R.F.Mehdiyev, T.X.Hüseynov. **Fiziki elektronikanın tarixi və metodologiyası. Ali məktəblər üçün dərs vəsaiti.** – Bakı, “Təhsil” nəşriyyatı, 2008, 165 səh.

Kitabda elektronikanın, başlıca olaraq isə fiziki elektronikanın yaranma tarixi və inkişafı mərhələləri haqqında xronoloji məlumatlar, eləcə də bu elm sahəsinin metodologiyasının əsas məqamları şərh olunur. O, ali məktəblərin uyğun istiqamət və ixtisaslaşmalar üzrə təhsil alan magistrantları üçün dərs vəsaiti kimi hazırlansa da, ali məktəb tələbələri, aspirantlar, mühəndis və elmi işçilər, müəllimlər tərəfindən də istifadə oluna bilər.

Kitab 165 səhifədən, 55 illüstrasiyadan və 17 adda istifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısından ibarətdir.

A  $\frac{2302030000}{053}$  2008

© “Təhsil” nəşriyyatı, 2008

## MÜNDƏRİCAT

Giriş .....	5
-------------	---

### I fəsil

#### FİZİKİ ELEKTRONİKANIN YARANMASI

§1.1. Fiziki elektronika ilkin mərhələdə .....	7
§1.2. Fiziki elektronikanın ikinci inkişaf mərhələsi. Elektrovakuum lampaları .....	14
§1.3. İlk sənaye lampaları .....	23

### II fəsil.

#### TRANZİSTORLAR ELEKTRONİKADA

§2.1. Fiziki elektronikanın üçüncü inkişaf mərhələsi .....	34
§2.2. Sahə tranzistorunun yaradılması .....	42
§2.3. Yarımqeçirici cihazların impuls və rəqəm texnikasında tətbiqi .....	48

### III fəsil

#### İNTEQRAL MİKROXEMPLƏRİN KƏŞFİ. MİKROELEKTRONİKANIN İNKİŞAF MƏRHƏLƏLƏRİ

§3.1. İlk inteqral mikrosxemplər .....	58
§3.2. Mikrotexnologiyanın yaranmasının ilkin şəraiti və inkişafı .....	63
§3.3. Litoqrafiya .....	68
§3.4. Mikroelektronikanın inkişaf mərhələləri .....	74
§3.5. İndikator və displeylərin mikroelektronikada tətbiqi .....	75

**IV fəsil**  
**FİZİKİ ELEKTRONİKANIN YENİ SAHƏLƏRİ**

§4.1. İfrat yüksək tezliklər elektronikasası .....	86
§4.2. Tunel diodları.....	94
§4.3. Qann effekti və Qann cihazları.....	99
§4.4. Optoelektronika .....	104
§4.5. Kvant elektronikasası .....	127

**V fəsil**  
**ELEKTRONİKA MÜASİR DÖVRDƏ**

§5.1. Fiziki elektronikanın yeni sahəsi – nanoelektronika .....	138
§5.2. Bioelektronika .....	146

**VI fəsil**  
**AZƏRBAYCANDA FİZİKİ ELEKTRONİKA**

§6.1. Elmi mühitin formalaşması.....	150
§6.2. Əsas istiqamətlər .....	159
§6.3. Qeydedicilər .....	160
§6.4. İnfraqırmızı və aşağı temperaturular elektronikasası .....	162
Ədəbiyyat .....	164

*Azərbaycanda fiziki elektronikanın əsasını qoymuş və onun formalaşdırılmasına böyük xidmətləri olmuş görkəmli alimlərin, sevimli müəllimlərimiz akademik HƏSƏN MƏMMƏDBAĞIR oğlu ABDULLAYEVİN 90 və professor QAFAR İBRAHİM oğlu ƏFƏNDİYEVİN 85 illiyinə həsr edirik.*

*Müəlliflər*

## GİRİŞ

Fiziki elektronika müasir elm və texnikanın ən sürətlə inkişaf edən sahələrindəndir. O, müxtəlif cihazlarda fiziki və mühitlərdə (bərk cisimlərdə, mayelərdə, qazlarda və plazmada) baş verən elektron və ion proseslərini öyrənir. Elektron cihazlarının yaradılması və istifadəsi ilə məşğul olan texniki və sənaye elektronikasının ideya əsası elmin bu sahəsidir. Bütövlükdə elektronika dedikdə məhz bu üç sahə (fiziki elektronika, texniki elektronika və sənaye elektronikasını) birlikdə nəzərdə tutulur.

Elektronika radiotexnika ilə sıx əlaqədə inkişaf edir. Elm və texnikanın müxtəlif sahələri, o cümlədən radioelektronika, elektronika və radiotexnika vahid təşkil edir. Radioelektronika radio və optik tezlik diapazonunda dalğaların və elektromaqnit rəqslərinin köməyi ilə informasiyanın çevrilməsi, ötürülməsi və qəbulu problemləri ilə məşğul olur. Elektron cihazları radiotexniki qurğuların əsas işçi elementləri olub, radio cihazlarının mühüm göstəricilərini müəyyənləşdirir. Həmin cihazlardan radio və televiziya qurğularında səs yazılması və canlandırılmasında, radiolokasiyada, radiomüşahidədə, radioteleidarəetmədə, radioölçmələrdə və digər yerlərdə də geniş istifadə edilir.

Texnikanın müasir inkişaf mərhələsi insanların həyat fəaliyyətinə elektronikanın daha çox nüfuz etməsi ilə xarakterikdir. Amerika Birləşmiş Ştatlarının statistik göstəricilərinə görə dünyanın ümumi sənayesinin 80%-i elektron sənayesinin payına

düşür. Elektronika sahəsində qazanılan uğurlar mürəkkəb elmi-texniki problemləri həll etməyə imkan verir. Məhz bu uğurların sayəsində elmi tədqiqatların effektivliyi yüksəlir, yeni növ maşınlar və avadanlıqlar yaradılır, effektiv texnologiya və idarəetmə sistemləri hazırlanır, yeni xassələrə malik materiallar alınır, informasiyanın toplanması və işlənməsi prosesləri təkmilləşdirilir. Elmi-texniki və istehsalat problemlərini əhatə edən elektronika – elmin müxtəlif sahələrində qazanılan biliklərə istinad edir. Belə ki, elektronika bir tərəfdən digər elmlər və istehsalat qarşısında məsələ qoyur, onların sonrakı inkişafını stimullaşdırır, digər tərəfdən isə onları yeni, keyfiyyətli texniki vasitələr və tədqiqat üsulları ilə zənginləşdirir. Elektronikanın əsas elmi-tədqiqat obyektləri aşağıdakılardır:

1. Elektronun və digər yüklü zərrəciklərin elektromaqnit sahəsi ilə qarşılıqlı təsir qanunlarının öyrənilməsi;

2. Elektron cihazlarının hazırlanmasında istifadə edilən enerji çevrilmələri – informasiyanın ötürülməsi, işlənməsi və saxlanması, istehsal proseslərinin avtomatlaşdırılması, enerji qurğularının hazırlanması, nəzarət-ölçü cihazlarının yaradılması və təcrübələrdə baş verən hadisələrin qarşılıqlı əlaqəsini aydınlaşdırması.

Elektronikanın sürətli inkişafı nəticəsində artıq kvant elektronika, bərk cisim elektronika, fotoelektronika, optoelektronika, mikroelektronika, akustoelektronika, piroelektronika, bioelektronika, infraqırmızı dalğalar texnikası, krioelektronika, maqnitoelektronika və s. kimi yeni elmi-texniki sahələr yaranmışdır. Hazırda elektron cihazlarından və elektronikanın nailiyyətlərindən insanların bütün məşğulluq və məişət sahələrində (sənayedə, kənd təsərrüfatında, tibbidə, kosmonavtikada, kibernetikada və s.) eləcə də, fizika, kimya, astrofizika, iqtisadiyyat, dilçilik, biologiya, psixologiya, arxeologiya və başqa elm sahələrində geniş istifadə olunur.

## FİZİKİ ELEKTRONİKANIN YARANMASI

### §1.1. Fiziki elektronika ilkin mərhələdə

XVIII-XIX əsrlər elmin sürətlə inkişaf etməsi əlamətləri ilə yadda qalır. Məhz bu illərdə fizika, kimya və biologiya sahəsində yeni qanunlar kəşf olunmuş, yeni cihaz və maşınlar yaradılmışdır. Həmin dövrdə fizika elmi digər elmlərin uğurlarından da bəhrələnərək yeni bir sahəni – fiziki elektronikanı yaratmaq mərhələsinə qədəm qoymuşdur.

**Elektrik boşalması.** Dünyada ilk dəfə rus alimləri Mixail Vasilyeviç Lomonosov (1711-1765) və Qeorq Vilhelm Rixman (1711-1753) və onlardan asılı olmadan amerikalı alim Frankel havada elektrik boşalmasını tədqiq etmişlər. 1743-cü ildə M.V.Lomonosov «Allahın böyüklüyü haqqında axşam düşüncələri» əsərində ildırımın və şimal qütb parıltısının elektrik təbiətli olması ideyasını irəli sürmüşdür. Bir qədər sonra (1752-ci ildə) Frankel və Lomonosov *ildırım maşınının* köməyi ilə göstərmişlər ki, ildırım və şimşək – havada güclü elektrik boşalmasıdır. Bununla yanaşı aşkar edilmişdir ki, hətta ildırım olmadıqda da havada elektrik boşalması baş verir. *İldırım maşını* sadə quruluşa malik olub, yaşayış evində qurulmuş Leyden bankalarından ibarət idi. Bankalardan birinin qapağı naqıl vasitəsi ilə açıq havada yerləşdirilmiş metal darağa və ya dəmir milə birləşdirilirdi.

1753-cü ildə tədqiqat apararkən professor Q.V.Rixman dəmir milə toxunaraq ildırım təsirinə düşür və həlak olur. Sonralar bu istiqamətdə tədqiqatları davam etdirən M.V.Lo-

monosov ildırım hadisəsinin ümumi nəzəriyyəsini yaratmışdır və həmin nəzəriyyə indi də istifadə edilir. Bundan başqa, M.V.Lomonosov sürtünən maşının təsiri ilə havada səyriyən boşalmanı da müşahidə edə bilmişdir.

Sankt-Peterburq tibbi-cərrahiyyə akademiyasının akademiki Vasili Vladimiroviç Petrov (1761-1834) M.V.Lomonosovun elmi işlərini inkişaf etdirərək, 1802-ci ildə ilk dəfə olaraq (ingilis fiziki Devidən bir neçə il əvvəl) havada iki kömür elektrod arasında qövs boşalması hadisəsini müşahidə etmiş və göstərmişdir ki, havadan elektrik cərəyanı keçərkən elektrik boşalması baş verir. V.V.Petrov öz kəşfini belə təsvir edirdi: «Əgər şüşə masanın üzərinə 2-3 qırıntı ağac kömürü qoyub, onları naqillər vasitəsi ilə güclü elektrik mənbəyinə qoşsaq və bir-birinə yaxınlaşdırsa, həmin kömür qırıntıları arasında parlaq (gözcamaşdırıcı) ağ işıqlanma (alov) yaranacaq və bu alovun təsirindən kömürlər yanacaq». V.V.Petrovun elmi işləri rus dilində dərc olduğuna görə, onlar xarici ölkə alimləri üçün əlçatmaz idi. Rusiyada həmin dövrdə elmi işlərə bir o qədər maraq göstərilmədiyindən həmin işlər tezliklə unudulmuşdu və məhz bu səbəbdən də, sonralar qövs boşalmasının kəşfi ingilis alimi Devinin adına yazılmışdır.

Müxtəlif maddələrin udma və şüalanmasının öyrənilməsi alman alimi Plukkeri Hesler borusunu yaratmağa sövq etmiş və o, 1857-ci ildə müəyyənləşdirmişdir ki, kapillyar boruya daxil edilmiş Hesler borusu spektroskopun obyektivində yerləşdirildikdə müşahidə olunan spektr bir-qiymətli olaraq ondakı qazın spektrini verir. Bununla da, Plukker ilk dəfə olaraq Balmer seriyasına daxil olan hidrogenin üç xəttini aşkar etmişdir. Sonralar Plukkerin şagirdi Hittorf onun



tədqiqatlarını davam etdirərək, 1869-cu ildə alovsuz boşalmanda elektrik keçiriciliyi haqqında silsilə məqalələr çap etdirmişdir.

Hittorfun və Plukkerin işlərinə əsaslanan ingilis alimi Kruks isə katod şüalarını kəşf etmişdir.

Qaz boşalmasının öyrənilməsində ingilis alimi D.Tomson (1856-1940) elmdə böyük sıçrayış yaratmış, elektronların və ionların mövcudluğu fikrini söyləmişdir. Tomsonun elm üçün ən böyük xidməti isə Kavendiş laboratoriyasını yaratmasıdır. Bu laboratoriyada qazlarda elektrik boşalması tədqiq edilirdi. Laboratoriya Tausent, Aston, Ernest Rezerford (1871-1937), Kruks və Riçardson kimi məşhur tədqiqatçı alimləri yetişdirməklə yanaşı, elektronikanın inkişafına da çoxlu dəyərli töhfələr vermişdir.

Qövs boşalmasının tədqiqi və tətbiqi sahəsində rus alimlərinin də böyük xidmətləri olmuşdur. Bunların sırasında metalların qövs boşalması ilə əridilməsi və qaynaqlanmasının müəllifləri olan Pavel Nikolayeviç Yabloçkov (1847-1894), Çikolev (1845-1898), Nikolay Qavriloviç Slavyanov (1839-1896) qövs boşalmasından işıqlandırıcı vasitə kimi istifadə edilməsini göstərən Nikolay Nikolayeviç Bernardos (1842-1905) kimi məşhur ixtiraçı alimlərin adlarını çəkmək olar. Laçinov və Mitkeviç isə qövs boşalmasının tədqiqində elmi işləri davam etdirərək bir qədər sonralar qövs boşalması katodunda baş verən hadisələrin təbiətini müəyyənləşdirmişdir.

**Fotoeffekt.** Stoletov Aleksandr Qriqoryeviç (1839-1896) uzun müddət (1881-1891-ci illərdə) qazlarda qeyri-müstəqil boşalma prosesini öyrənmişdir. O, Moskva Universitetində işləyərkən tədqiqatlarını davam etdirmək üçün havada asılı

vəziyyətdə olan iki elektrod sistemindən ibarət *hava elementi* yaratmış və aşkar etmişdir ki, belə sistemdə elektrodlardan birini (katodu) işıqlandırdıqda heç bir kənar gərginlik mənbəyi olmadıqda da dövrdə elektrik cərəyanı yaranır. A.Q.Stoletov bu effekti aktinoelektrik effekt adlandırmış və onu aşağı, həm də yüksək atmosfer təzyiqlərdə öyrənmişdir. A.Q.Stoletov tərəfindən hazırlanmış xüsusi qurğu təzyiqi 0,002 Tora qədər endirməyə imkan verirdi. Həmin qurğu vasitəsi ilə, o, müəyyənləşdirmişdir ki, 0,002 Tor təzyiqdə cihazda müstəqil qaz boşalması baş verir və fotocərəyan artdığından aktinoelektik effekt də güclənir. Bu effekt haqqında A.Q.Stoletov öz təəssüratlarında belə yazırdı: «Aktinoelektrik boşalmalarının izahını yekunlaşdırmaq üçün, az öyrənilən Hesler və Kruks borularında yaranan boşalmalara oxşarlığı nəzərə almaq lazımdır. Mən yaratdığım torlu kondensatorlara baxdıqca düşünürdüm ki, qarşımda havada elektrik boşalması yaranmadan kənar işığın təsiri ilə işləyən Hesler borusudur. Hər iki halda elektrik hadisələri bir-birinə oxşardır və katod xüsusi rol oynadığından əriyir. Aktinoelektrik boşalmalarının tədqiqi qazlardan elektrik cərəyanının keçməsi proseslərinə olan maraqların artmasına səbəb ola bilər...» Sonralar A.Q.Stoletovun bu fikirləri bütövlükdə təsdiqləndi.

1905-ci ildə dahi alman alimi Albert Eynşteyn (1879-1955) fotoeffekt hadisəsinin öyrənilməsinə yeni təkan verdi. O, işıq kvantları ilə bağlı bir sıra araşdırmalar apardı və müəyyənləşdirildi ki, fotoeffekt hadisəsi aşağıdakı qanunlarla xarakterizə olunur:

1) Katodun səthindən vahid zamanda emissiya olunan elektronların sayı, eyni şərt daxilində katodun səthinə düşən

ışığın intensivliyi ilə mütənasibdir (Stoletov qanunu). Burada eyni şərt daxilində dedikdə, katodun səthinin eyni dalğa uzunluqlu monoxromatik və ya eyni bir spektral tərkibli işıq dəstəsi ilə işıqlanması nəzərdə tutulur.

2) Xarici fotoeffektdə katodun səthinə tərk edən elektronların maksimal sürəti

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2} \quad (1.1)$$

münasibəti ilə təyin edilir və işığın intensivliyindən asılı deyildir. Burada  $h\nu$  – katodun səthinə düşən monoxromatik işıq kvantlarının enerjisi,  $A$  isə elektronun metaldan çıxış işidir.

3) Hər bir maddəyə uyğun fotoeffektin qırmızı sərhəddi vardır.

**Termoelektron emissiya.** Termoelektron emissiya hadisəsini ilk dəfə 1881-ci ildə Amerika ixtiraçısı Tomas Edison (1847-1931) aşkar etmişdir. O, kömür elektrodlu közərmə lampaları ilə təcrübələr apararkən lampada vakuum yaratmış və buraya kömür teldən əlavə, həm də müstəvi metal lövhə yerləşdirmişdir. Metal lövhəni naqıl vasitəsi ilə qalvanometrə sonra isə xarici gərginlik mənbəyinin müsbət qütbünə birləşdirdikdə, qalvanometrin cərəyan göstərdiyini müşahidə etmişdir. Həmin lövhəni mənbəyin mənfı qütbünə birləşdirdikdə isə qalvanometrdən cərəyan keçməmişdir. Bu effekt, Edison effekti, qızmış metalların və başqa cisimlərin qaz və ya vakuumda özündən elektron buraxması hadisəsi isə termoelektron emissiya adlandırıldı.

**Elektrik teleqrafı və telefon.** XIX əsrin ortalarında

əksər ölkələrin Amerika qitəsi ilə, eləcə də İngiltərə kimi materikdən ayrılmış yerlər arasında əsas məlumat vasitəsi gəmi poçtu olub. Bu səbəbdən də dünya ölkələri və kontinentlərdə baş verən hadisələr haqqında məlumatlar digərlərinə yalnız 10-15 gün, bəzən isə hətta bir neçə həftədən sonra çatmışdır. Buna görə də cəmiyyətin ən ciddi, vacib və zəruri ehtiyaclarına cavab verən teleqrafın yaranması dünya sivilizasiyası tarixindəki ən mühüm ixtiraların siyahısına daxil edilməlidir. Teleqrafın ixtirası həm də onunla əlamətdardır ki, burada ilk dəfə, həm də çox geniş miqyasda elektrik enerjisindən istifadə edilmişdir. Məhz teleqrafı icad edənlər tərəfindən sübut olunmuşdur ki, elektrik cərəyanını insanların xeyrinə işləməyə məcbur etmək mümkündür. Bu ixtiradan sonra cəmi bir neçə il ərzində elektrik cərəyanı və teleqrafiya haqqında elmlər birinin digərinə təsiri sayəsində inkişaf edərək, xeyli irəliyə getdi. İlk teleqrafın layihəsi Zamerinq tərəfindən Batariya Akademiyasında təqdim olunub və bu teleqraf sudan elektrik cərəyanı keçərkən onun elektrolizi nəticəsində qabarcıqların ayrılmasına əsaslanırdı.

Teleqrafiyanın inkişafındakı növbəti mərhələ 1820-ci ildə danimarkalı fizik Erstedin cərəyanlı naqilin maqnit təsirinə malik olmasının, fransız alimi Arqo tərəfindən elektro-maqnitin, Şveinveyqerin qalvanoskopun, 1833-cü ildə Nervandar tərəfindən qalvanometrin ixtirası nəhayət, sonuncunun əsasında Şillinqin 1835-ci ildə yeni teleqrafı nümayiş etdirməsi ilə bağlıdır. Nervandar göstərmişdir ki, qalvanometrin əqrəbinin tarazlıq vəziyyətinə nəzərən meyli ondan keçən cərəyanın qiymətindən asılı olaraq giiyir. Belə ki, qalvanometrdən məlum qiymətə malik cərəyan buraxmaqla onun əqrəbinin uyğun bucaq altında meylinə nail

olmaq mümkündür. Belə qalvanometri çağırın və çağırılan məntəqədə yerləşdirib, əqrəbin qarşısında ayrı-ayrı meyllərə uyğun yarıqlar açsaq və hər yarığın qarşısında müəyyən hərf yazılmış qeyri-şəffaf maska qoysaq, onda hər hərfə (meylə) uyğun cərəyanın qiymətini bilməklə bu iki məntəqə arasında yazı teleqraf əlaqəsi yaratmaq olar. Həmin cihazın təqdimatında iştirak edən Vilyam Kuk 1837-ci ildə Şillinqin ixtirasını daha da təkmilləşdirdi. Lakin bu teleqrafın bir sıra çətinlikləri var idi ki, onlardan da ən başlıcası cihazların (məntəqələrin) arasında çoxlu sayda birləşdirici məftillərin çəkilməsi və informasiyanın yalnız ya səs, ya da yazı ilə qeydə alınma bilməməsi idi. Sonra Şteynqel (1838) hər iki məntəqədə uclardan birini yerə birləşdirməklə məftillərin sayını birə qədər endirdi.

1837-ci ildə ixtisasca rəssam olan Morze teleqraf sahəsində daha bir yenilik etdi. Ötürülən informasiyanı özüyazan teleqraf qurğusu yaratdı. Morzenin teleqraf aparatı teleqrafiyada nəhəng uğur idi. 1843-cü ildə ABŞ hökuməti ilk dəfə olaraq qurğunu bəyənmiş və Vaşinqtonla Baltimer arasında 64 km-lik teleqraf xətti çəkməyə vəsait buraxmışdır. Morze cihazı həm praktik, həm də istifadə baxımından çox əlverişli idi. Buna görə də tezliklə bütün dünyada geniş tətbiq tapdı və öz müəllifinə böyük şan-şöhrət qazandıraraq, çoxlu var-dövlət gətirdi. Verici – açar və qəbuledici – yazan cihazlardan ibarət olan bu qurğunun layihəsi çox sadə idi.

Baxmayaraq ki, teleqrafın ixtirası ilə məlumatın böyük məsafəyə ötürülməsi məsələsi həll olunurdu, lakin o, yalnız yazılı məlumatları ötürməyə və qəbul etməyə yarıyır. Müxtəlif ölkə alimlərinin və ixtiraçıların isə arzusu canlı səsi uzaq məsafəyə ötürmək üçün qurğuların hazırlanması

idi. Bu sahədə ilk addımı 1837-ci ildə amerikalı fizika alimi Peyc atdı. O, kamerton, qalvanik element və elektro- maqnitdən ibarət elektrik dövrəsini yığıb, kamertonun rəqsi zamanı dövrəni qapayıb – açmasından istifadə edərək onun səsini məsafəyə ötürdü. Bu istiqamətdə vacib mərhələlərdən biri də ingilis ixtiraçısı Reysin adı ilə bağlıdır. O, 1860-cı ildə çoxlu sayda (ona qədər) müxtəlif variantda qurğular yığdı. Lakin bu qurğular da yalnız elektrik siqnallarını məsələyə ötürürdü. Sonra Şotland ixtiraçısı Aleksandr Bellin uzun və inadçı axtarışları nəticədə 1876-cı ildə ilk Bell telefon cihazı yaradıldı. Elə həmin ildən də başlayaraq bu cihaza istifadə hüququ verildi. Lakin Bell cihazları yalnız birtərəfli işləyirdi – cərəyan rəqslərini səs rəqslərinə çevirirdi, səs rəqslərini isə cərəyan rəqslərinə çevirə bilmirdi. Buna görə də telefon tarixində ingilis ixtiraçısı Juzun 1877-ci ildə mikrofon effektini ixtira etməsi çox mühüm bir hadisə oldu. Juzun bu ixtirasından cəmi bir neçə il sonra mikrofonların çox müxtəlif konstruksiyaları meydana gəldi ki, bunlardan da kömür tozlu olanları daha geniş tətbiq tapdı.

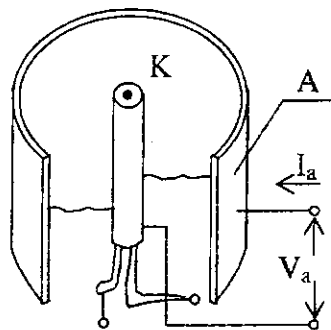
## **§1.2. Fiziki elektronikanın ikinci inkişaf mərhələsi. Elektrovakuum lampaları**

**Radionun kəşfi.** 1809-cu ildə rus mühəndisi Lodıgin közərmə elektrik lampasını ixtira etməklə elektronikada yeni bir mərhələnin başlanğıcını qoydu və bu ixtirasından sonra elektronika fizikanı yeni-yeni kəşflərlə, ixtiralarla zənginləşdirdi.

Fizika elminin nailiyyətlərindən bəhrələnən alman alimi Braun bir qədər də irəli gedərək 1874-cü ildə metal-yarım-

keçirici kontaktı əsasında düzləndirmə effektini aşkar etdi. Az keçmədi ki, rus fiziki və elektrotexniki Aleksandr Stepanoviç Popov (1859-1906) Braun effektini radio siqnallarının detektə edilməsində tətbiq edərək və ilk radioqəbuledicini yaratdı. Popov öz ixtirasını Rusiyanın Fizika-Kimya Cəmiyyətinin fizika şöbəsində 7 may 1895-ci ildə Peterburqda çıxış edərəkən nümayiş etdirdi. 1896-cı ilin 24 mart tarixində Popov ilk dəfə olaraq radioməlumatı 350 metr məsafəyə ötürdü. O dövrdə elektronikanın müvəffəqiyyətləri radioteleqrafın inkişafına da təsir göstərdi. Belə ki, radio-qurğuların effektivliyini və həssaslığını artırmaq məqsədi ilə radioqurğuların sadələşdirilməsi üçün radiotexnikanın elmi əsasları işlənib hazırlandı. Müxtəlif ölkələrdə yüksək tezlikli rəqslərin sadə detektorları hazırlandı və tətbiq edildi.

İşıq texnikasının inkişafı və közərmə lampasının təkmilləşdirilməsi sahəsində aparılan işlər həm də bir sıra yeni elektron cihaz, qurğu və elementlərinin yaradılmasına səbəb oldu. Belə ki, elektron lampasının tədqiqi zamanı ilk dəfə termoelektron emissiyası hadisəsi aşkar edildi və ingilis elektrotexniki Con Fleminqin ilk dəfə olaraq elektrovakuum diodunun konstruksiyasını işləyib hazırlaması ilə (1904-cü ildən) fiziki elektronikanın ikinci inkişaf mərhələsi başlandı. Bu diod vakuumda yerləşdirilmiş iki elektroddan ibarət lampadır (şəkil 1.1) və metal A - anodu və K - katoduna malikdir. Katod termoelektron hadisəsi baş verənə



Şəkil 1.1. Diod.  
A – anod, K – katod

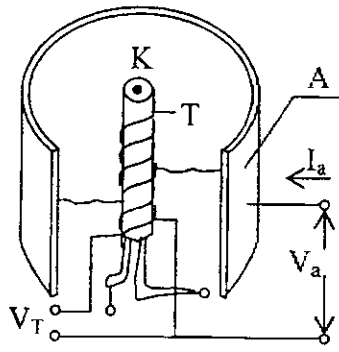
qədər qızdırılır.

Diod daxilindəki qaz elektronların sərbəst qaçış yolunun orta uzunluğu elektrodlar arasındakı məsafədən çox-çox böyük olana qədər seyrəldilir. Nəticədə, anod katoda nisbətən müsbət yükləndikdə ( $V_a$  potensialı ilə) katoddan anoda doğru elektronların hərəkəti baş verir, yəni anod dövrəsindən  $L$  cərəyanı keçir. Anoda mənfi potensial verdikdə emissiya olunan elektronlar yenidən katoda qayıdır və anod dövrəsində cərəyan sifirə bərabər olur. Beləliklə, elektrovakuum diodu birtərəfli keçiriciliyə malikdir. Ona görə də bu cihazdan dəyişən cərəyanın düzləndirilməsində istifadə edilir. Əgər belə bir lampanın daxilində olan qaz atomları üçün  $\lambda_e \leq d$  (burada  $\lambda_e$  - elektronların sərbəst qaçış yolunun orta uzunluğu,  $d$  - elektrodlar arasındakı məsafədir) şərtini ödəyərsə, onda elektronlar qaz atomları ilə qarşılıqlı təsirə girərək qazın xassəsini kəskin dəyişər. Yəni qaz ionlaşar və yüksək keçiriciliyə malik plazma halına keçər. Plazmanın bu xassəsini 1905-ci ildə amerikan alimi Holl qazatronla, içərisinə qaz doldurulmuş güclü düzləndirici diodla, təcrübə apararkən müşahidə etmişdir. Qazatron dioddur. Qazatronun ixtira edilməsi ilə qazboşalmalı elektrovakuum cihazlarının inkişafının başlanğıcı qoyuldu.

Sonralar elektron lampası 1907-ci ildə amerikan mühəndisi Li de Forest tərəfindən daha da təkmilləşdirildi. Ona əlavə bir elektrod da daxil edildi və bu elektrod öz quruluşuna uyğun olaraq tor adlandırıldı. Adından göründüyü kimi, bu (üçüncü) elektrod bütöv deyildi və katoddan anoda doğru uçan elektronları buraxırdı. Həmin elektroda tətbiq edilən əlavə gərginliyin qiyməti və istiqamətini dəyişməklə elektron lampasında katoddan emissiya olunan elektronlardan anoda



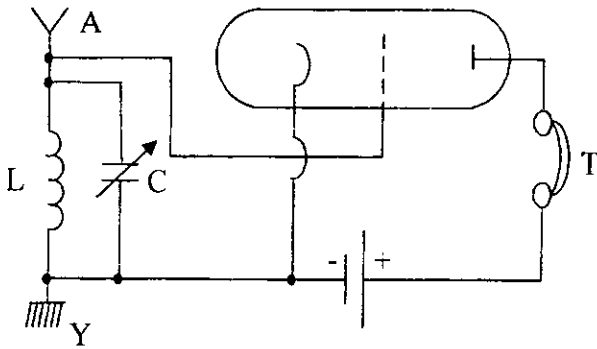
çatanların sayını (anod dövrəsindəki cərəyanı) asanlıqla məqsədyönlü şəkildə idarə etmək olurdu. Üçelektrodlu lampanın (şəkil 1.2) meydana gəlməsi radiotexnikada böyük inqilaba səbəb oldu. Belə ki, onun tətbiqi radioqəbuledici tərəfindən qəbul olunan siqnalı on, hətta yüz dəfələrlə gücləndirməyə imkan verirdi. Bununla da radioqəbuledicilərin həssaslığı dəfələrlə artmış oldu. Lampalı belə qəbuledicilərdən ilk birinin sxemi hələ 1907-ci ildə elə həmin Li de Forest tərəfindən təklif olunmuşdu.



Şəkil 1.2. Triod.  
A – anod, K – katod, T – tor

Bu sxemdə (şəkil 1.3) antenna (A) və yer arasında, sıxaclarında antennadan daxil olan enerji hesabına yaranan yüksək tezlikli dəyişən gərginlik əmələ gələn LC kontur bir-

262/6



Şəkil 1.3. Li de Forestin təklif etdiyi radioqəbuledicinin elektrik sxeminin təsviri. L – induktivlik, C – kondensator, A – antenna, T – telefon

ŞİMQAYIT  
DÖVƏT İNQUZƏMƏTİ  
KİTABXANA

lənşdirilir. Bu gərginlik lampanın toruna verilir və anod cərəyanın rəqslərini idarə edir. Beləliklə, antenna tərəfindən qəbul olunmuş zəif siqnalın anod dövrəsində yaranan və telefonun həmin dövrəyə qoşulmuş membranını hərəkətə gətirə bilən, gücləndirilmiş təkrarı alınır.

De Forestin ilk üçelektrodlu elektron lampası çoxlu çatışmazlıqlara malik idi. Belə ki, onun elektrodları elə yerləşdirilmişdi ki, elektron selinin böyük hissəsi anodun üzərinə deyil, şüşə balonun divarına düşürdü; torun idarəedici təsiri kifayət qədər deyildi; lampaya pis sorulduğundan onun daxilində çoxlu miqdarda qaz molekulları var idi və bu molekullar ionlaşaraq közərmə telini müntəzəm olaraq bombalayıb ona dağıdıcı təsir göstərirdi.

1910-cu ildə alman mühəndisi Liben təkmilləşdirilmiş elektron lampasını – triodu yaratdı. Liben öz tədqiqatlarında lampanın emissiya qabiliyyətinə daha çox diqqət yetirdi və bu məqsədlə ilk dəfə olaraq közərmə telinin üzərini nazik kalsium və ya bariyum-oksidlə örtməyi təklif etdi. Bundan əlavə o, şüşə balonun içərisinə civə buxarı da əlavə etdi ki, bu da əlavə ionlaşma yaratmaqla katod cərəyanını daha da artırdı.

Beləliklə, elektron lampası əvvəlcə detektor, sonra isə gücləndirici kimi xidmət sferasına daxil oldu. Onun radioelektronikada aparıcı rolu isə sönməyən elektrik rəqsləri generatoru qismində istifadə edilməsi aşkar olunduqdan sonra təmin edildi. Lampalı ilk generatoru 1913-cü ildə məşhur alman radiotexniki Meyssner yaratdı. O, həmçinin Libenin triodu əsasında dünyada ilk radiotelefon ötürücüsünü yaratdı və 1913-cü ildə 36 km məsafəlik radiotelefon rabitəsini həyata keçirdi.

Lakin ilk elektron lampaları hələ tam təkmil deyildi. 1915-ci ildə Lənqmür və Qede elektron lampalarını çox aşağı təzyiqlərə qədər sormağın vasitələrini təklif etdilər və bunun hesabına ion lampaları vakuum lampaları ilə əvəz olundu.

Rusiyada ilk qaz boşalma lampaları 1914-cü ildə Rusiyanın Simsiz Teleqraf Cəmiyyətinin məsləhətçisi akademik Nikolay Dmitriyeviç Papaleksi (Sankt-Peterburq) tərəfindən yaradılmışdır. Papaleksi Strasburq Universitetini bitirmiş, Braunun rəhbərliyi altında işləmişdir. Papaleksinin yaratdığı ilk lampa qazla civə buxarı qarışığı doldurulmuş lampa idi. 1914-1916-cı illərdə Papaleksi radioteleqraf sahəsində bir sıra təcrübələr aparmış və sualtı qayıqlarla əlaqə sistemini yaratmışdır.

Gücləndirici radiolampaların Rusiyada ilk yaradıcısı Bonç-Bruyeviç olmuşdur. O, 1888-ci ildə Oryol şəhərində doğulmuş, 1909-cu ildə Peterburqda mühəndis peşəsinə yiyələnmiş və 1914-cü ildə Hərbi Elektrotexnika Məktəbini bitirmişdir. 1916-cı ildən 1918-ci ilə qədər elektron lampalarının yaradılması ilə məşğul olmuş və onların istehsalını təşkil etmişdir. 1918-ci ildə Nijeqorodda radiolaboratoriyaya rəhbərlik etmiş, Ostryakov, Pistolkops, Şorin, Losev kimi dövrün ən yaxşı radio mütəxəssislərini bir yerə cəlb etmişdir. O, 1919-cu ilin mart ayında Nijeqorodda radiolaboratoriyada RP-1 elektrovakuum lampasının kütləvi istehsalını təşkil etmiş, 1920-ci ildə dünyada ilk dəfə olaraq gücü 1 kVt olan və su ilə soyudulan mis anodlu generator lampasını hazırlamışdır. Görkəmli alman alimləri Nijeqorod laboratoriyasının nailiyyətlərini görüb, Rusiyanın güclü generator lampalarını yaratmaq imkanlarını yüksək qiymətləndirdilər. Elektrovakuum cihazlarının təkmilləşdirilməsi istiqamətində işlər Petroqradda

geniş vüsət aldı. Bu işdə Çernuşev, Boquslavski, Vekşinski, Obolenski, Şapoşnikov, Zusmanovski və fizik Aleksandrov Anatoli Petroviç (1903) kimi görkəmli alimlərin əməyini qeyd etmək lazımdır. Közərmə katodlarının ixtira edilməsi elektrovakuum texnikasının inkişafına böyük təkan verdi. 1922-ci ildə Petroqradda *Svetlana* zavodu ilə birgə işləyən elektrovakuum zavodu yaradılır. Zavodun elmi-tədqiqat laboratoriyasında elektron cihazlarının fizikası və texnologiyası sahəsində Vekşinski tərəfindən hərtərəfli tədqiqat işləri aparılır. Burada katodun emissiya xüsusiyyətləri, metallarda, şüşədə və digər maddələrdə qazların sorbsiya hadisələri və s. öyrənilirdi.

Uzun dalğalardan qısa və orta dalğalara keçid, superheterodinin ixtirası radiotexnikada daha mükəmməl lampaların ixtira olunmasına təkan verdi. Amerikalı alim Xell 1924-cü ildə tetrodu – dördelektrodlu elektron lampasını hazırladı. 1926-cı ildən bu lampanın təkmilləşdirilməsi üzərində işləyərək, nəhayət 1930-cu ildə üç torlu (5 elektrodlu) elektron lampanı – pentodu ixtira etdi. Bununla da radioötürücü sistemlərdə siqnalın ötürülməsi və qəbulu prosesləri xeyli yaxşılaşdırıldı. Pentod lampası radiotexnikada geniş tətbiq edildi.

Radioqəbuletmədə yeni üsulların yaranması 1934-35-ci illərdə çoxtorlu tezlik çeviricilərinin yeni tiplərinin yaranmasına səbəb oldu. Bundan başqa, müxtəlif radio-lampalarının yeni kombinasiyalı növləri meydana gəldi və radiotexnikada çoxlu sayda lampalar ixtisar oldu. Radiotexnikada ultraqısa dalğalar (UQD) diapazonuna keçdikdə yeni elektrovakuum cihazları meydana gəldi və müxtəlif radiotexnika lampaları arasında (ultraqısa, metrlik, desimetrlik, santimetrlik və

millimetrlik diapazonlarda) sıx əlaqə yarandı. Elektrovakuum lampaları bir qədər də təkmilləşdirildi və eyni zamanda elektron dəstələrinin yeni prinsiplə idarə olunması işlənilib hazırlandı. Yeni prinsiplərlə işləyən cihazlara çoxrezonatorlu maqnetronları (1938), klistronları (1942) və əks dalğa lampalarını (ƏDL, 1953) göstərmək olar. İxtira edilən bu yeni cihazların köməyi ilə millimetrlik oblastlara daxil olan yüksək tezlikli siqnalları generasiya etmə və gücləndirmə imkanı əldə edildi. Bundan başqa, elektrovakuum texnikasında qazanılan nailiyyətlər radionaviqasiyanın, radiolokasiyanın və çoxkanallı impuls əlaqələrinin inkişafına da səbəb oldu.

1932-ci ildə rus alimi Rojanski elektron dəstəsinin moduliyası üçün cihazın yaradılması haqqında ideyanı irəli sürdü. Onun ideyaları əsasında Arsenyev və Xeyl 1939-cu ildə İYT rəqslərinin generasiyası üçün ilk cihazı hazırladılar. 1938-1941-ci illərdə isə Devyatkov, Xoxlov və Quryeviç müstəvi elektrodlu triod lampasını yaratdılar. Almaniyada metal-saxsı lampa hazırlandı. 1943-cü ildə Kompfnerin hazırladığı qaçan dalğalar lampası radiosiqnalların idarə olunmasında İYT sistemlərin inkişafına yeni təkan verdi. Güclü İYT rəqslərinin generasiyasını əldə etmək üçün 1921-ci ildə Xell ilk maqnetronu hazırladı. Rus alimlərindən Sliyski, Qrexova, Şteynberq, Kalinin, Zusmanovski, Braude, yapon alimlərindən – Yade, Okabe maqnetronla tədqiqat işləri apardılar. Bonç-Bruyeviç 1936-1937-ci illərdə Alekseyevə və Molyarova yeni tipli maqnetron hazırlamaq tapşırığını verdi. Az keçmədi ki, onlar çoxrezonatorlu yeni maqnetron yaratdılar.

1934-cü ildə mərkəzi radiolaboratoriyanın əməkdaşları Korovin və Rumyantsev dünyada ilk dəfə olaraq uçan

təyyarəni aşkar etmək üçün radiolokasiyanı tətbiq etdi. 1935-ci ildə Leninqrad (Sankt-Peterburq) fizika-texnika institutunun əməkdaşı Kobzarev radiolokasiyanın nəzəri əsaslarını işləyib hazırladı. Bu dövrdə, yəni elektronikanın ikinci inkişaf mərhələsində elektron cihazları ilə yanaşı, qazboşalmalı cihazlar da təkmilləşdirildi və ilk sənaye lampaları meydana gəldi.

**Radar.** Mikroelektronikanın ən vacib sahələrindən biri də görünməyən cisimlərin yerini və hərəkət sürətini təyin etmək üçün radiodalğaları tətbiq edən radiolokasiyadır (radarlardır). Radiolokasiyanın təsir Prinsipi, radiodalğaların elektrik xassələri ətraf mühitindən fərqli olan obyektlərdən qayıtması (səpilməsi) hadisəsinə əsaslanır.

İlk dəfə radar ideyası alman ixtiraçısı Xülsmayer tərəfindən irəli sürülmüş və o, 1905-ci ildə bu ideya üçün patent almışdır. Bütün qeyri-təkmilliklərinə baxmayaraq, Xülsmayer qurğusu müasir radiolokasiyanın demək olar ki, bütün əsas elementlərinə malik idi. Xülsmayer əksətdirən obyektə qədər olan məsafəni təyin etməyin üsullarını təsvir edirdi. Lakin onun işləri praktiki tətbiqini tapmadı. Çünki XX əsrin 30-cu illərində radiotexnikada əsasən uzun dalğalardan istifadə edilirdi. Məlumdur ki, yaxşı qayıtma, dalğa uzunluğu qaytaran obyektin ölçüləri tərtibində və ondan kiçik olduqda alınır. Ona görə də həmin vaxtlar radiorabitədə istifadə olunan uzun dalğalar yaxşı qayıda bilməzdilər.

1922-ci ildə Teylor və Yunq (ABŞ) ultraqısa dalğalar oblastında işləyərək radiolokasiya hadisəsini müşahidə etdilər və 1933-cü ildə onlar Xayland ilə birlikdə radiolokasiya ideyası üçün patent aldılar.

Lakin radiolokasiya ideyasının praktiki reallaşması üçün bir çox elmi və texniki problemlərin həlli tələb olunurdu.

Yalnız 1938-ci ildə ABŞ-da 8 km məsafədə işləyə bilən radiolokator hazırlandı.

### §1.3. İlk sənaye lampaları

**Elektrik lampası.** XIX əsrin sonuncu onilliyində bir çox Avropa şəhərlərinin həyatına elektrik işıqlandırılması daxil olmağa başladı. Bu işıqlandırma əvvəlcə yalnız küçə və meydanlarda tətbiq olunsa da, tezliklə evlərə də daxil oldu. Elektrik işıqlandırılması elm və texnikanın tarixində çox mühüm hadisələrdən biri olmaqla, həm də böyük və cürbəcür nəticələrə gətirdi. Həmin dövrdə iki tip: közərmə və qövs elektrik lampası yaradılmışdı. Onların iş prinsipi Volta qövsünə əsaslanırdı. Beləki, əgər güclü cərəyan mənbəyinin qütblərinə qoşulmuş iki naqilin əks uclarını bir-birinə toxundurub sonra bir neçə millimetr məsafəyə uzaqlaşdırsaq, bu naqillərin həmin (toxundurulub uzaqlaşdırılan) ucları arasında parlaq işıq saçan alov yaranar. Metal naqillər əvəzinə ucları itilənmiş (iynə şəklinə salınmış) iki körnür çubuq götürüldükdə bu hadisə daha gözəl və daha parlaq olar. Bu çubuqları tətbiq olunan gərginliyin kifayət qədər böyük qiymətlərində onların ucları arasında gözqamaşdırıcı şiddətə malik işıq əmələ gəlir.

Volta qövsü adlanan bu hadisəni ilk dəfə 1803-cü ildə rus alimi Vasili Petrov müşahidə etmiş, 1810-cu ildə isə eyni ixtirarı ingilis fiziki Devi etmişdir. Onların hər ikisi Volta qövsündən işıqlandırma üçün istifadə etməyin mümkünlüyünü göstərmişdir. 1844-cü ildə fransız fiziki Fuko ilk qövs lampasını düzəltdi. O, ağac kömüründən olan çubuqları bərk koksdan olan çubuqlarla əvəzlədi və qövs lampasını ilk

dəfə Paris meydanlarından birini işıqlandırmaq üçün tətbiq etdi. Sonra bu lampaların əllə tənzimlənməsi saat mexanizmi ilə əvəz olundu.

Ümumiyyətlə, Yabloçkov şarları adlanan bu işıq mənbələri böyük diqqət cəlb etdi və artıq 1877-ci ildə ilk dəfə Parisdə onların əsasında küçə elektrik şəbəkələri quruldu. Bu lampalar 200 saata qədər fasiləsiz işləyə bilsələr də, geniş tətbiq (yayıma) tapmadılar. Çünki digər qusurlar ilə bərabər, onlar həm də çox güclü işıq mənbələri olduğundan yalnız böyük salon və meydanlarda, küçələrdə istifadə oluna bilərdilər. Onların parlaqlığını idarə etmək mümkün deyildi, çünki kiçik cərəyanlarda bu lampalar işləmirdi.

Bu baxımdan közərmə lampaları daha əlverişli idi. İş prinsipi nazik teldən axan cərəyanın müəyyən gücündə telin işıq saçmaq həddinə qədər qızmasına əsaslanır. İlk dəfə fransız alimi Delaryu 1820-ci ildə platin tel əsasında belə bir lampa yaratdı. Lakin bundan sonra 50 ilə qədər bir müddətdə həmin lampa istifadə olunmadı. Çünki közərən tel üçün müvafiq material tapılmırdı. 1873-cü ildə rus elektrotexniki Lodiğin teli rotor kömüründən düzəldilmiş közərmə lampası hazırladı. Közərmə lampasının balonundan havanı sormaqla təklifini də ilk dəfə məhz Lodiğin verdi.

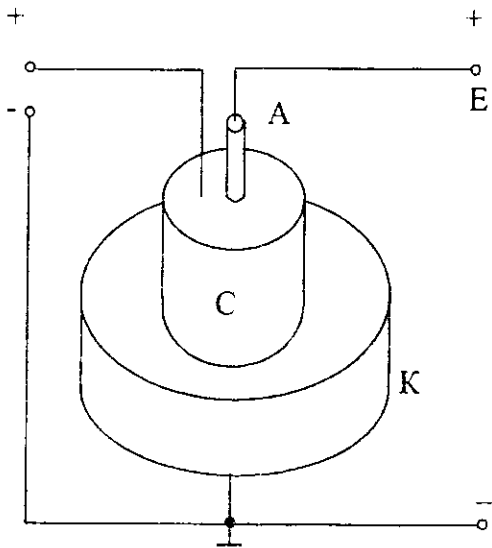
1879-cu ildə məşhur amerikalı ixtiraçısı Edison göstərdi ki, keyfiyyətli, müntəzəm işıq verə bilən közərmə lampası düzəltmək üçün hökmən əvvəla, tel üçün əlverişli material tapmaq, ikincisi isə, bu telin yerləşdiyi balonun içərisində çox seyrəldilmiş mühit yaratmaq lazımdır. Edisonun lampaları 30 ilə qədər bir dövrdə tətbiq tapdı. Sonralar kömür tel metal tellə əvəz edildi. Hələ 1890-cı ildə Lodiğin kömür teli çətin əriyən (ərimə temperaturu  $3385^{\circ}\text{C}$  olan)



metal tellə əvəz etməyi təklif etdi. Belə lampaların sənayedə kütləvi istehsalı yalnız XX əsrdə başlandı.

1918-ci ildə Almaniyanın *Pints* firmasının doktoru Şröter ilk sənaye lampasını – aloysuz boşalma lampasını hazırladı. Bu lampa 220 V gərginliklə işləyirdi. 1921-ci ildə Hollandiyanın Filips firması aloysuz boşalma əsasında işləyən 110 V-luq neon lampalarının kütləvi istehsalını təşkil etdi. ABŞ-da isə ilk neon lampalarının istehsalına 1929-cu ildən başlandı.

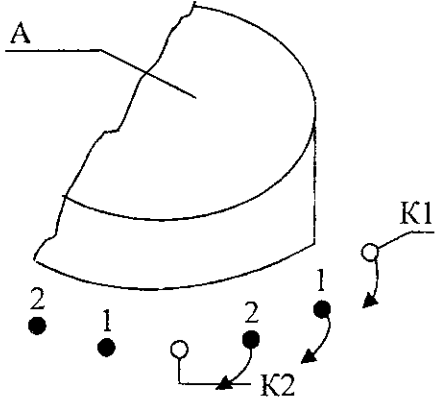
**Tiratron.** 1930-cu ildə Noylz neon aloysuz boşalma lampalarında baş verən fiziki proseslərin izahını verdi. Onun izahına görə anod ilə katod arasında boşalmanı üçüncü elektrodun təsiri ilə də yaratmaq mümkündür. Beləliklə, qaz boşalma tiratronları 1936-cı ildən geniş tətbiq edildi. Həmin il Vitli tiratronunda (şəkil 1.4) anod ilə katod aralığında idarəedici (C) elektrodun köməyi ilə elektron və ionların müəyyən kon-



Şəkil 1.4. Tiratron. A – anod, K – katod, C – tor.

sentrasiyasını yaratmağın mümkünlüyünü irəli sürdü. Yaradılan konsentrsiyada səyriyən boşalma yaratmaq olurdu. Rusiyada isə səyriyən boşalma tiratronları 1940-cı ildə *Svetlana* zavodunun laboratoriyasında işlənilib hazırlandı.

**Dekatron.** Vitlinin müşahidə etdiyi effekt «Erikson» firmasının yaratdığı dekatronda da tətbiq edildi. Dekatron bir (A) anoddan və 10 ədəd çevirici katoddan ibarət olan ion lampasıdır (şəkil 1.5). Bir katoddan digərinə elektrik yükü katodaltlıqlarının köməyi ilə ötürülür. Məsələn, K1 katodu ilə A anodu arasında səyriyən boşalma mövcud olarsa və əgər 1 katodaltlığında potensial K1 katoduna nisbətən kiçikdirsə, onda elektrik yükü 1 katodaltlığına keçəcəkdir. 1 katodaltlığına sonra isə 2-yə mənfi impuls verməklə elektrik yükü K1 katodundan K2 katoduna keçir.



Şəkil 1.5. Dekatron. A – anod, K1, K2 – katodlar.  
1, 2 – isə katodaltlıqlarıdır.

**Televideniya.** XX əsrin ən diqqətəlayiq və avtomobil, təyyarə, kompüter, nüvə reaktoru ilə bərabər səviyyədə tutulan ixtiralarından biri də məhz televideniyaadır.

İlk praktik televiziya sistemi 1923-cü ildə Çarlz Cenkinsin hərəkətsiz xəyalı radio vasitəsi ilə Vaşinqtondan Filadelfiyaya və Bostona, 1925-ci ildə isə hərəkət edən fiqurun xəyalını məsafəyə ötürməsi ilə başlasa da, televideniyanın əsaslandığı fiziki hadisə və effektlər hələ xeyli əvvəl meydana gəlmişdi. Belə ki, televideniyanın yaranmasında 1843-cü ildə Aleksandr Benin yaratdığı, surət köçürən teleqrafın, 1873-cü ildə Smit tərəfindən selendə müşahidə olunan daxili fotoeffektin, rus fiziki Uilyam tərəfindən 1888-ci ildə hazırlanmış metal-selen kontaktı əsasında yaratdığı ilk fotoqəbuledicinin böyük rolunu danmaq olmaz.

Elektron televiziya erası elektron-şüa borusunun ixtirası ilə başlanmışdır. Elektron-şüa borusunun ilk uluforması 1856-cı ildə alman şüşəüfürəni Hesler tərəfindən icad edilmiş qazboşalması lampası olmuşdur.

Sonra 1858-ci ildə alman professoru Plyukker «katod» şüalanmasını, 1869-cu ildə isə alman fiziki Hittorf katod şüasının maqnit sahəsinin təsiri altında meyl etməsini aşkar etmişdir. 1879-cu ildə ingilis fiziki Uilyam Kruks katod şüalarının fundamental tədqiqatlarını apardı və göstərdi ki, katodu qızdırarkən onun səthindən hansısa hissəciklərin seli (katod şüaları) buraxılır. 1897-ci ildə katod şüalarının yüklü hissəciklərin (elektronların) seli olduğu sübut edildi. Kruks öz təcrübələrini aparmaq üçün tarixdə ilk katod-şüa borusu olan xüsusi boru yaratdı. Bununla yanaşı o, göstərmişdir ki, bəzi maddələr (onlar lüminofor adı almışlar) katod şüaları ilə bombalandırıldıqda işıq saçmağa başlayır. 1894-cü ildə Lenard müəyyənləşdirdi ki, katod cərəyanının şiddəti artdıqca lüminoforların işıq saçması da güclənir. 1895-ci ildə Strasburq Universitetinin professoru Karl Braun Kruksun

düzəltdiyi boru əsasında müxtəlif elektrik cərəyanlarını tədqiq etmək üçün istifadə olunan ilk katod (elektron) ossiloqraf borusunu yaratdı.

Braunun hazırladığı boruda katod dar yarıqlı bir diafraqma ilə örtüldüyündən, bu boruda Kruks borusundan fərqli olaraq katoddan geniş yox, çox nazik şüa buraxılırdı. Tədqiq olunan cərəyan isə şüşə kolbanın xaricindəki sarğıdan axırdı. Bu cərəyan elektron dəstəsini şaquli müstəvidə meyletdirən dəyişən maqnit sahəsi yaradırdı. Ekran rolunu isə üzərinə katod tərəfdən lüminofor çəkilmiş şüşə lövhə oynayırdı. 1902-ci ildə rus alimi Petrovski bu borunu bir qədər də təkmilləşdirdi – şüanı üfüqi istiqamətdə də hərəkət etdirmək üçün qurğuya ikinci bir cərəyanlı sarğı da əlavə etdi. 1903-cü ildə isə alman fiziki daha bir təkmilləşdirmə apardı – o, boruya yüklənmiş silindrik elektrod əlavə etdi. Bu elektroda tətbiq edilmiş gərginliyi dəyişməklə ekrandakı ləkənin parlaqlığını artırıb-azaltmaq mümkün olurdu. 1907-ci ildə Leonid Mandelştam Braun borusunda şüanı idarə etmək üçün mişarvan gərginlik tətbiq olunmuş qarşılıqlı-perpendikulyar iki cüt lövhədən istifadə etməyi təklif etdi.

Elektron-şüa borusunun televiziya verilişlərində tətbiq olunmasını ilk dəfə 1907-ci ildə rus fiziki Boris Rozinq təklif etdi və xəyalın məsafəyə ötürülməsi üsulu üçün patent aldı.

1911-ci ildə ingilis mühəndisi Alen Suinton televiziya qurğusunun layihəsini təklif etdi. Bu qurğuda elektron-şüa borusu tək cə qəbuledici kimi deyil, həm də ötürücü kimi tətbiq olunurdu.

1923-cü ildə Rozinqin şagirdi Vladimir Zvorikin ötürücü və qəbuledicidən ibarət televiziya qurğusunun tam sistemini patentlədi. Ötürücü boruda Zvorikin ikitərəfli üçqat hədəf