

№4 Лекция. Әртүрлі ортадағы электр тогы.

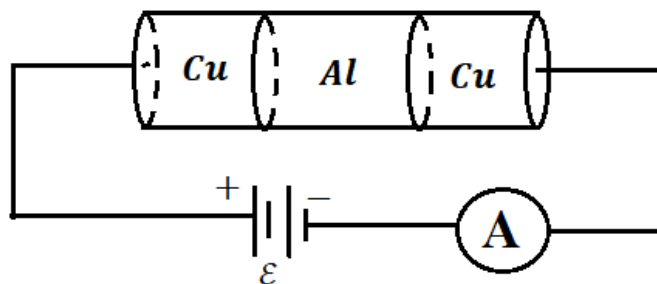
- 4.1 Электрлік қасиеттеріне байланысты қатты денелерді классификациялау. Металдардағы электр тогының табиғаты.
- 4.2 Металдардың электр өткізгіштігінің классикалық теориясы және оның қайшылықтары.
- 4.3 Металдан электрондардың шығу жұмысы. Термоэлектрондық эмиссия.
- 4.4 Контакттік потенциалдар айырымы. Вольта заңы.
- 4.5 Термоэлектрлік құбылыстар. Зеебек, Пельте және Томсон эффектілері.
- 4.5 Электрлік диссоциация. Электролиттердің өткізгіштігі. Электролиттер үшін Ом заңы.
- 4.6 Электролиз құбылысы. Фарадей заңдары.
- 4.7 Газдардағы электр тогы. Тәуелді газ разряды.
- 4.8 Тәуелсіз газ разрядының түрлері. Плазма туралы түсінік.

4.1 Электрлік қасиеттеріне байланысты қатты денелерді классификациялау. Металдардағы электр тогының табиғаты. Қатты денелерді олардың электр өткізгіштігіне байланысты өткізгіштер, жартылай өткізгіштер және диэлектриктер (ток өткізбейтін изоляторлар) деп үш топқа жіктейді. Қатты өткізгіштерге негізінен металдар жатады, олар электр тогын жақсы өткізетіндігімен ерекшеленеді. Металдардың бөлме температурасында меншікті электр өткізгіштігі шамамен $10^4 \div 10^6 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{см}}$ аралығында жатады. Салыстыру үшін жартылай өткізгіштердің бөлме температурасындағы меншікті электр өткізгіштігі $10^{-10} \div 10^4 \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{см}}$ аралығында жататын болса, диэлектриктердің бөлме температурасындағы меншікті электр өткізгіштігі $10^{-10} \frac{1}{\text{Ом} \cdot \text{см}}$ -ден де кіші мәнге ие болады.

Қатты күйдегі металдардың құрылымы негізінен кристалдық тор болып келеді, яғни оның түйіндерінде оң иондар, ал иондардың аралық кеңістігінде еркін электрондар қозғалып жүреді. Көптеген тәжірибелер металдарда электр тогын тасымалдауға оң иондар қатыспайтындығын, электр тогын тек еркін электрондар тасымалдайтындығын көрсетеді. Өзара тізбектей жалғанған

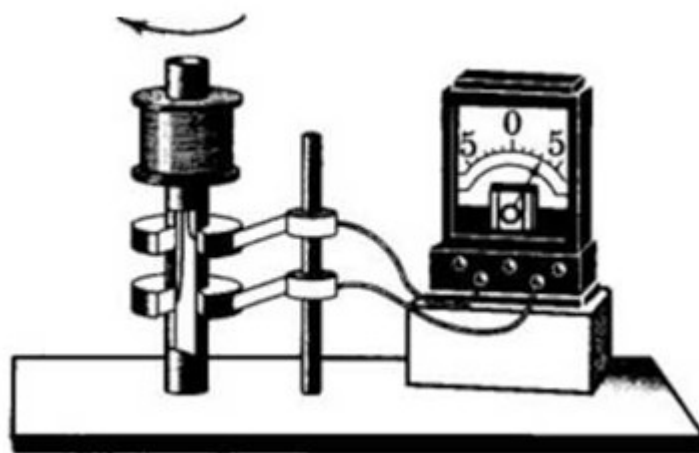
бірнеше әртүрлі металл өткізгіштер арқылы ұзақ уақыт бойы электр тогы өткізгенде ток тасымалдауға иондар да қатысатын болса, міндетті түрде металдың заттық құрамында өзгерістер орын алуы тиіс. Осы мәселені анықтау мақсатында Э.Рикке 1901 жылы келесідей тәжірибе жасады (4.1-сурет). Ол табандары өте мұқият тегістелген екі шеткісі мыстан, ал ортаңғысы алюминийден жасалған үш цилиндрді бір-біріне тізбектей мықтап тақап бекітіп, тізбек арқылы бір жыл бойы $I=0,1\text{A}$ электр тогын өткізген. Осы уақыт ішінде цилиндрлерден шамамен $3,5 \cdot 10^6$ Кл заряд өтсе де, цилиндрлердің химиялық құрамында ешқандай өзгеріс байқалмаған, цилиндрлердің бастапқы массасы өзгермеген. Бұдан ток тасымалдауға мыс пен алюминийге ортақ болатын бөлшектер ғана қатысты деген қорытынды жасалды, ондай барлық металл өткізгіштерге ортақ ток тасымалдаушы бөлшек - электрондар болып табылады. Сонымен, Э.Рикке тәжірибесінен шығатын қорытынды: *Металдарда электр тогын тасымалдайтын бөлшектер – электрондар, яғни металдардың өткізгіштігі –электрондық.*

Металл бойымен электр тогы жүргенде оның химиялық құрамы өзгермейді, мұндай өткізгішті бірінші текті өткізгіш деп атайды.



4.1-сурет

Металдардың өткізгіштігінің электрондық табиғатын дәлелдейтін тағы бір эксперименттің идеясын 1913 жылы Л.И.Мандельштам мен Н.Д.Папалекси ұсынды, ол тәжірибені 1916 жылы Р.Толмен мен Т.Стюарт іске асырды. Тәжірибенің мақсаты металдағы ток тасымалдаушы бөлшектің массасы анықтау болды. Өткізгішті үлкен жылдамдықпен қозғалтып, кенет тоқтатқанда ток тасымалдаушы бөлшектердің инерция әсерінен қозғалуы нәтижесінде қысқа мерзімді ток пайда болуы тиіс еді. Жіңішке өткізгіш сымның үлкен орамынан жасалған шарғының (катушка) ұштары иілгіш өткізгіштер арқылы сезгіш гальванометрге (4.2-сурет) қосылған. Шарғыны өз осінің айналасында шамамен 500 айн/с бұрыштық жылдамдықпен айналдыра отырып, кенеттен тоқтатқанда ток тасымалдаушы бөлшектрдің инерция әсерінен қозғалысы салдарынан қысқа мерзімді ток пайда болғанын сезгіш гальванометр тіркеген. Гальванометрде пайда болған токтың бағыты бойынша ток тасымалдаушы бөлшектердің теріс таңбалы электрондар екендігін және оның массасын анықтауға мүмкіндік алды да, электронның меншікті зарядын ($\frac{e}{m} = 0,1758 \cdot 10^{12} \frac{\text{Кл}}{\text{кг}}$) анықтады.



4.2-сурет

Тәжірибені әртүрлі металл өткізгіштермен (күміс, мыс, алюминий) қайталап жасай отырып, $\frac{e}{m}$ қатынастарының барлығына бірдей екендігін анықтады, осылайша барлық металдардағы ток тасымалдаушы бөлшектердің табиғаты бірдей деген қорытынды жасалды.

4.2 Металдардың электр өткізгіштігінің классикалық электрондық теориясы және оның қайшылықтары. Металдардың электр өткізгіштігін классикалық электрондық теориясы тұрғысынан тұрақты ток заңдарын түсіндіруге болады.

Ом заңының классикалық теория тұрғысынан түсіндірілуіне тоқталайық. Классикалық электрондық теория тұрғысынан кристалдың түйіндеріндегі атомдардың валенттік электрондары ядромен әлсіз байланысатындықтан оны оңай тастап шығып, тордың көлемі бойынша еркін қозғалысқа түсетін идеал газ қасиеттеріне бағынатын электрондық газ түзеді. Осы электрондар газы өткізгіш ішімен реттелген қозғалысқа түскенде кристалдық тор түйіндеріндегі иондармен әсерлесуі өткізгіште электр кедергісін тудырады. Соның салдарынан электрондар кристалдық тор түйіндеріндегі иондармен әсерлескенге дейін электр өрісінде еркін қозғалған кезде алған кинетикалық энергиясының біраз бөлігін торға береді де, термодинамикалық тепе-теңдік орнайды, тор түйініндегі иондардың тербеліс амплитудасы артып, металдың температурасы өседі. Бөлінетін жылу Джоуль-Ленц заңымен анықталады. Бұл жағдайда электрлік кедергіні кейбір сұйықтар мен газдардағы ішкі кедергі деп қабылдаса, Ом заңын теориялық жолмен түсіндіруге мүмкіндік болады.

Друде-Лоренцтің классикалық теориясы бойынша электрондардың жылулық қозғалысының энергиясы бір атомды газ молекулаларының энергиясына тең болады:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{3}{2} k \cdot T \quad (4.1)$$

Электрондардың жылулық қозғалысының орташа жылдамдығы:

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8k \cdot T}{\pi \cdot m}} \quad (4.2)$$

Электронның тор түйіндеріндегі көрші иондармен екі қатар соқтығысуы

кезінде жылдамдығының өзгерісі Ньютонның II заңының көмегімен анықталады: $\vec{F} \cdot \vec{\tau} = m \cdot \Delta \vec{v} \Rightarrow \Delta \vec{v} = \frac{\vec{F} \cdot \vec{\tau}}{m}$ мұндағы: $\vec{F} = e \cdot \vec{E}$ – электрлік күш, ал τ - электронның көрші иондармен екі қатар соқтығысына кеткен уақыты. Электрондардың орташа жылдамдығы $\bar{u} = \frac{\Delta \vec{v}}{2}$ сонда: $\bar{u} = \frac{e \cdot \vec{E} \cdot \vec{\tau}}{2 \cdot m}$.

Ток тығыздығы (3.6)-өрнекте сәйкес $\vec{j} = e \cdot n \cdot \bar{u}$, орташа жылдамдықтың өрнегін орнына қойса, $\vec{j} = \frac{e^2 \cdot n \cdot \vec{\tau}}{2 \cdot m} \cdot \vec{E}$ мұндағы: $\vec{\tau} = \frac{\bar{\lambda}}{v}$, сонда $\gamma = \frac{e^2 \cdot n \cdot \bar{\lambda}}{2 \cdot m \cdot v}$. γ – меншікті өткізгіштік. Бұдан Ом заңының дифференциалдық түрде жазылу өрнегін аламыз:

$$\vec{j} = \gamma \cdot \vec{E} \quad (4.3)$$

Енді Джоуль-Ленц заңын классикалық электрондық теория тұрғысынан түсіндіруге тоқталайық. Электронның тор түйіндеріндегі көрші иондармен екі қатар соқтығысуының аралығында жүріп өткен қашықтығы оның еркін жүру жолы деп қарастыратын болсақ, онда электронның еркін жүру жолының соңғы сәттеріндегі кинетикалық энергиясы:

$$\frac{m \cdot v^2}{2} = \frac{e^2 \cdot \bar{\lambda}^2}{2m \cdot \bar{v}^2} \cdot E^2 \quad (4.4)$$

мұндағы: $v = \frac{e \cdot \vec{E} \cdot \vec{\tau}}{2 \cdot m}$ - электронның еркін жүру жолының соңғы сәтіндегі жылдамдығы, ал $\vec{\tau} = \frac{\bar{\lambda}}{v}$ - электронның тор түйіндеріндегі көрші иондармен екі қатар соқтығысуы аралығына кеткен уақыт.

Электрон иондармен соқтығысқан сайын (4.4)-өрнекпен анықталатындай энергияны кристалдық торға беріп, жылдамдығын жоғалтып отырады, соның салдарынан металл қызады да жылу бөледі. Кристалдық тордың бірлік көлеміндегі n электрон бір секунд ішінде $\bar{z} = n \cdot \frac{v}{\bar{\lambda}}$ рет соқтығысатын болса, онда соқтығыс салдарынан металдың алатын жылу мөлшері:

$$Q = n \cdot \frac{v}{\bar{\lambda}} \cdot \frac{e^2 \cdot \bar{\lambda}^2}{2m \cdot \bar{v}^2} \cdot E^2 = \frac{n \cdot e^2 \cdot \bar{\lambda}}{2m \cdot \bar{v}} \cdot E^2 \quad \text{мұндағы: } \frac{n \cdot e^2 \cdot \bar{\lambda}}{2m \cdot \bar{v}} = \gamma \text{ екендігін ескерсек:}$$

$$Q = \gamma \cdot E^2 \quad (4.5)$$

(4.5)-өрнек Джоуль-Ленц заңының дифференциалдық түрде жазылуы болып табылады.

Металдардың электр өткізгіштігінің классикалық электрондық теориясының тағы бір жетістігі металдардың электр өткізгіштігі мен жылу өткізгіштігі құбылыстарын байланыстыратын Видеман-Франц заңын теориялық жолмен түсіндіруге мүмкіндік беруі. Осы мәселені классикалық электрондық теория тұрғысынан қарастырайық.

Металдардың еркін электрондардың саны неғұрлым көп болса, оның электр өткізгіштігі мен жылу өткізгіштігі соғұрлым жоғары болатыны белгілі, олай болса металдардың электр өткізгіштігі мен жылу өткізгіштігі арасында байланыс болары анық. Бұл байланыс келесі өрнекпен сипатталады:

$$\frac{\chi}{\gamma} = A \cdot T \quad (4.6)$$

мұндағы: χ – металдың жылу өткізгіштік коэффициенті деп аталады, γ – металдың меншікті электр өткізгіштігі, A – тұрақты шама, T – абсолют температура. (4.6)-өрнек жоғары температурадағы көп металдар үшін орынды.

Классикалық электрондық теория тұрғысынан электрондарды біратомды идеал газ ретінде қарастырып, жылу өткізгіштік коэффициенті үшін газдың кинетикалық теориясының өрнегін жазайық:

$$\chi = \frac{1}{3} \cdot n \cdot m \cdot C_v \cdot \bar{v} \cdot \bar{\lambda} \quad (4.7)$$

мұндағы $n \cdot m$ – электрондық газдың тығыздығы; \bar{v} - электрондық газдың орташа жылдамдығы; $\bar{\lambda}$ - электрондардың еркін жүру жолының орташа ұзындығы. Біратомды идеал газдың меншікті жылу сыйымдылығы:

$$C_v = \frac{2}{3} \cdot \frac{R}{\mu} = \frac{3}{2} \cdot \frac{k}{m}. \quad (4.8)$$

$$(4.8)\text{-өрнекті (4.7)-өрнекке қойса: } \chi = \frac{1}{2} \cdot n \cdot k \cdot \bar{v} \cdot \bar{\lambda} \quad (4.9)$$

(4.9)-өрнекті және $\gamma = \frac{e^2 \cdot n \cdot \bar{\lambda}}{2 \cdot m \cdot \bar{v}}$ өрнекті (4.6)-өрнектегі χ және γ орнына қойсақ:

$$\frac{\chi}{\gamma} = \frac{m \cdot \bar{v}^2 \cdot k}{e^2}, \text{ мұндағы } m \cdot \bar{v}^2 = 3 \cdot k \cdot T \text{ екендігін ескерсек:}$$

$$\frac{\chi}{\gamma} = \frac{3 \cdot k^2}{e^2} \cdot T = A \cdot T \quad (4.10)$$

яғни $A = \frac{3 \cdot k^2}{e^2} = \text{const}$ деп белгілеп алдық. Мұндағы: $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ – Больцман тұрақтысы, ал $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ – элементар заряд.

(4.10)-өрнекті қорыту барысында бөлшектердің барлығы бірдей \bar{v} орташа жылдамдықпен қозғалады деп қабылданған еді, Максвеллдің таралуы заңы бойынша бірлік көлемдегі барлық n бөлшектің dn бөлігі ғана v мен $v+dv$ аралығындағы жылдамдықтарға ие болады. Лоренцтің пайымдауынша металл ішіндегі еркін электрондар да Максвеллдің жылдамдық бойынша таралуына сәйкес (4.10)-өрнек мынандай түрге ие болады: $\frac{\chi}{\gamma} = \frac{2 \cdot k^2}{e^2} \cdot T$ (4.11)

(4.11)-өрнек тәжірибе негізінде тағайындалған заңмен салыстырғанда ауытқушылық барын көрсетеді. Бұл ауытқушылықты түзету үшін Зоммерфельд электрондар газы үшін Максвеллдің статистикалық теориясының орнына Ферми-Дирактың кванттық статистикалық теориясын қолдануды ұсынды, нәтижесінде Видеман-Франц заңын мына түрге келеді:

$$\frac{\chi}{\gamma} = \frac{\pi^2 \cdot k^2}{3 \cdot e^2} \cdot T \quad (4.12)$$

(4.12)-өрнек тәжірибе нәтижесімен сәйкес келеді.

Металдардың электр өткізгіштігінің үлкен мәнге ие болуы онда еркін электрондардың көп болуы салдарынан, олай болса әрбір еркін электронның белгілі бір энергиясы болатындықтан өткізгіштің жылу сыйымдылығы диэлектрик қатты денелердің жылу сыйымдылығынан әлдеқайда артық болуы керек, бірақ тәжірибе бөлме температурасындағы металдың жылу

сыйымдылығы диэлектриктің жылу сыйымдылығымен шамалас болатыдығын көрсетеді. Мысалы, электрондар саны атомдар санымен шамалас болса, мөлшері 1 моль заттың ретсіз қозғалыстағы электрондарының энергиясы:

$$\bar{E} = \frac{3}{2} k \cdot T \cdot N_A = \frac{3}{2} R \cdot T \quad (4.13)$$

мұндағы: $C_\mu = \frac{d\bar{E}}{dT} = \frac{3}{2} R \approx 12,5 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ -молярлық жылу сыйымдылығы, ал $k \cdot N_A = R$ – универсал газ тұрақтысы, оның сан мәні: $R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$.

Эксперимент арқылы тағайындалған Дюлонг-Пти заңынан алынған молярлық жылу сыйымдылығы $C_\mu = 3 \cdot R \approx 25 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$ болуы шарт. Бұл тәжірибе нәтижесі мен теориялық жолмен алынған мәлімет арасында алшақтық бар екендігін көрсетеді.

Классикалық электрондық теорияның жетістіктерімен қатар эксперимент нәтижелерімен сәйкес келмейтін қайшылықтары да жоқ емес. Сондай қайшылықтардың кейбіріне тоқталайық

1. Тәжірибелер нәтижелері көрсеткендей металл өткізгіштің меншікті кедергісі температураға тура пропорционал, яғни температураның артуымен меншікті кедергінің де мәні артады: $\rho = \frac{1}{\gamma} T$. Ал классикалық электрондық

теория бойынша металл өткізгіштің меншікті электр өткізгіштігі $\gamma = \frac{e^2 \cdot n \cdot \bar{v}}{2 \cdot m \cdot \bar{v}}$,

мұндағы $\bar{v} = \sqrt{\frac{3 \cdot k \cdot T}{m}}$ – орташа квадраттық жылдамдық. Орнына қойғанда:

$$\gamma = \frac{e^2 \cdot n \cdot \bar{v}}{2 \cdot m} \cdot \sqrt{\frac{m}{3 \cdot k \cdot T}} \Rightarrow \rho = \frac{1}{\gamma} = \frac{2 \cdot m}{e^2 \cdot n \cdot \bar{v}} \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot k \cdot T}{m}}, \text{ бұдан } \rho \propto \sqrt{T}, \text{ яғни теория}$$

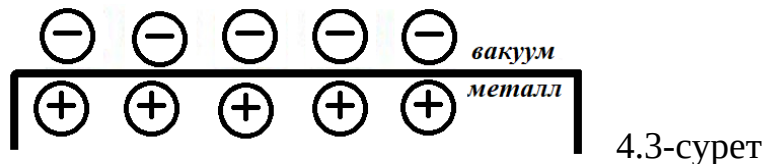
бойынша металл өткізгіштің меншікті кедергісі түбір астындағы температураға тура пропорционал.

2. Классикалық электрондық теория асқын өткізгіштік құбылысын түсіндіре алмады.

3. Классикалық электрондық теория бойынша металдың жылу сыйымдылығы кристалдық торлардың жылу сыйымдылығы мен электрондық газдың жылу сыйымдылығының қосындысына тең болуы тиіс, ал бөлме температурасында жүргізілген тәжірибелер нәтижесі металдың жылу сыйымдылығы диэлектриктің жылу сыйымдылығына шамалас, ал металдағы электрондық газдың жылу сыйымдылығы іс жүзінде нөлге тең болатындығын көрсетеді.

4.3 Металдан электрондардың шығу жұмысы. Термоэлектрондық эмиссия. Металдарда кристалл ішінде электрондардың еркін қозғала алады, мүмкіндігі болғандықтан олар белгілі бір кинетикалық энергияға ие болады. Бірақ белгілі бір кинетикалық энергияға ие бола тұра электрондар металды тастап, сыртқа шығып кете алмайды. Өйткені белгілі бір кинетикалық энергияға ие электрондар металл бетінен атомның сызықтық өлшеміне

шамалас қашықтыққа ыршып шыққанда металл беті оң зарядталады да, теріс таңбалы электрондарды кері қарай тартатын кулондық күштің әсерінен металға қайта оралып отырады. Осы процесс үздіксіз жүруінің нәтижесінде «металл-вакуум» шекарасында металдың ішкі беті оң иондардан тұратын, ал сыртқы беті электрондардан тұратын қос электрлік қабат пайда болады (4.3-сурет).



4.3-сурет

Пайда болған қос электрлік қабат металл ішінен жаңа электрондардың сыртқа шығуына кедергі жасайды, яғни потенциалдық энергиясы $e \cdot \varphi$ - ға тең потенциалдық тосқауыл құрайды. Металл ішіндегі еркін қозғалып жүрген электрондардың кинетикалық энергиясының максимал мәнін E_{max} деп белгілесек, бұл электрондар «металл-вакуум» шекарасындағы потенциалдық тосқауылды бұзып, металды тастап сыртқа ыршып шығуы үшін кем дегенде $A = e \cdot \varphi - E_{max}$ жасауы керек. Мұндағы A - электронның металдан шығуы үшін қажетті ең аз жұмыс – электронның металдан шығу жұмысы деп аталады.

Бөлме температурасында металдан, жартылай өткізгіштерден электрондардың ыршып шығуы іс жүзінде байқалмайды. Егер кристалл ішіндегі электрондарға қандай да бір тәсілмен қосымша энергия берілсе, онда электрондардың біраз бөлігінің металдан ыршып шығу мүмкіндіктері болар еді. Электрондарға қосымша энергия берудің бір тәсілі жылу беру, яғни металды қыздыру.

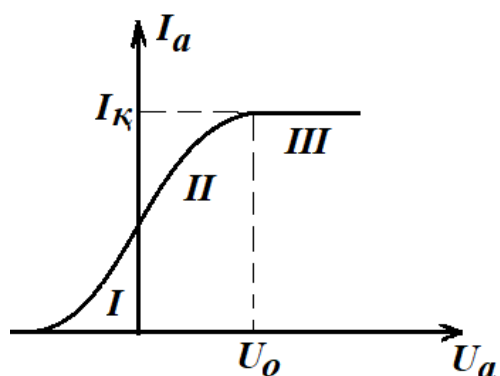
Термоэлектрондық эмиссия деп металды қыздырғанда олардан электрондардың ыршып шығу құбылысын айтады.

Термоэлектрондық эмиссия құбылысының іс жүзінде қолданылуына екі электродтан тұратын вакуумды шам – диод жұмысы мысал бола алады. Екі электродтың бірі катод қиын балқитын вольфрам сияқты сымнан жасалады. Катодқа ток берілуі арқылы қыздырылады да термоэлектрондық эмиссия құбылысы нәтижесінде электрондар катодтан ыршып шығып, екінші электрод анодқа қарай бағытталған қозғалысқа түседі. Бұл ток термоэлектрондық ток деп аталады.

Термоэлектрондық токтың шамасы, яғни анодтағы ток күшінің анодтағы кернеу шамасына бастапқы мезеттегі тәуелділігі Богуславский-

Ленгмюр формуласымен анықталады:
$$I_a = B \cdot U_a^{\frac{3}{2}} \quad (4.14)$$

Мұндағы: B - электродтардың пішіндеріне, өлшемдеріне және өзара орналасуына тәуелді болатын пропорционалдық коэффициент, ол катод материалы мен температурасына тәуелді болмайды.



4.4-сурет

4.4-суретте диодтың вольт-амперлік сипаттамасы келтірілген, суреттен анодтағы ток күшінің мәні анодтық кернеу мәніне тәуелді болатындығы көрінеді. Анодтық кернеу бір шамаға жеткеннен бастап анодтағы ток шамасы өзгермей, тұрақты болып қалады, себебі термоэлектрондық эмиссия нәтижесінде катодтан бөлініп шығатын электрондар түгелдей анодқа жетіп үлгереді. Осы сәттегі анодтық ток **қанығу тогы** деп аталады. Қанығу тогы тығыздығының температураға тәуелділігі Ричардсон - Дешман формуласымен анықталады:

$$j_k = B_0 \cdot T^2 \cdot e^{\frac{-A_w}{kT}} \quad (4.15)$$

B_0 - іс жүзінде металдың табиғатына тәуелді болмайтын термоэлектрлік тұрақты шама, оның теориялық мәні $B_0 = i 1,2 \cdot 10^6 \frac{A}{m^2 \cdot K^2}$

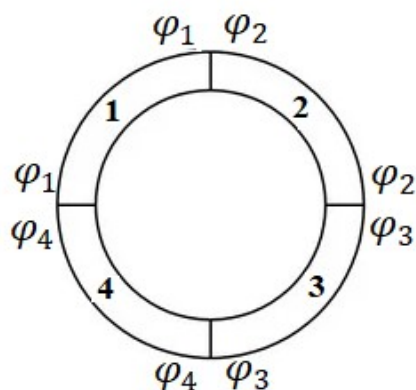
4.4 Контактілік потенциалдар айырымы. Вольта заңы. Бірлік көлеміндегі электрондардың саны, яғни шоғыры бірдей болатын екі әртүрлі металл өткізгіштерді алайық. Ол металдардың табиғаты әртүрлі болғандықтан олардан термоэлектрондық эмиссия нәтижесінде бөлініп шығатын электрондардың шығу жұмыстары ($A_{w1} = e \cdot \varphi_1$ және $A_{w2} = e \cdot \varphi_2$) өзара тең болмайды. Олай болса, термоэлектрондық эмиссия нәтижесінде металдардан ұшып шығатын электрондардың шоғыры да (Больцман таралуына сәйкес) әртүрлі болады:

$$n_1 = n_0 \cdot e^{\frac{-e \cdot \varphi_1}{k \cdot T}} \quad \text{және} \quad n_2 = n_0 \cdot e^{\frac{-e \cdot \varphi_2}{k \cdot T}} \quad (4.16)$$

Осы металдарды бір-біріне мықтап түйістіргенде жанасу аймағында электрондардың шығу жұмысы кіші металдан электрондардың шығу жұмысы үлкен металға қарай электрондар диффузияланады. Нәтижесінде металдар жанасқан аймақта потенциалдар айырымы пайда болады. Бұл құбылыс контактілік потенциалдар айырымы деп аталады. Пайда болған потенциалдар айырымы төмендегіше анықталады:

$$\frac{n_1}{n_2} = e^{\frac{-e \cdot (\varphi_1 - \varphi_2)}{k \cdot T}} \quad \Rightarrow \quad \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{k \cdot T}{e} \cdot \ln \frac{n_2}{n_1} \quad (4.17)$$

Бірнеше әртүрлі металдардан тізбектелген тұйық тізбектегі контактілік потенциалдар айырымын анықтайық (4.5-сурет).



4.5-сурет

(4.17)-өрнекке сәйкес:

$$(\phi_2 - \phi_1) + (\phi_3 - \phi_2) + (\phi_4 - \phi_3) + (\phi_1 - \phi_4) = \frac{kT}{e} \left(\ln \frac{n_1}{n_2} + \ln \frac{n_2}{n_3} + \ln \frac{n_3}{n_4} + \ln \frac{n_4}{n_1} \right) = 0$$

яғни бірнеше әртүрлі металдардан тізбектелген тұйық тізбектегі ішкі контактілік потенциалдар айырымы нөлге тең болады.

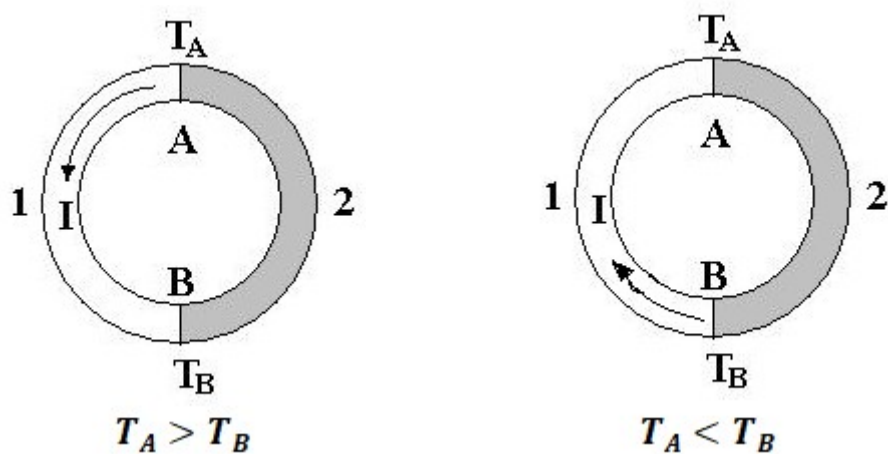
Егер 4.5-суреттегі 4-металл мен 1-металл арасы бір-біріне жанаспаған болса, яғни тізбек тұйықталмаса: $\phi_4 - \phi_1 = \frac{k \cdot T}{e} \ln \frac{n_1}{n_4}$ (4.18)

(4.18)-өрнек контактілі потенциалдар айырымы тізбектегі шеткі металдардың қасиеттеріне ғана тәуелді болатындығын, олардың арасында орналасқан металдардың қасиеттеріне тәуелді болмайтындығын көрсетеді. Бұл Вольта заңы болып табылады.

Сонымен Вольта заңы былайша тұжырымдалады: бірнеше әртүрлі металдардан тізбектелген тізбектегі контактілі потенциалдар айырымы тізбектегі шеткі металдарының қасиеттеріне ғана тәуелді болады, ал тізбектің ішкі бөлігінде орналасқан бірінші текті өткізгіштердің қасиеттеріне тәуелді болмайды.

4.5 Термоэлектрлік құбылыстар.

1) Зеебек эффектісі. 1821 жылы неміс физигі Т.И.Зеебек өзара мықтап жанастырыла байланысқан әртекті екі металдардың екі контактілерін әртүрлі температурада ұстаған жағдайда тізбекте термоэлектрлік қозғаушы күш (ЭҚК) пайда болатындығын, тізбекті тұйықтаған жағдайда онымен электр тогы жүретіндігін байқады. Бұл құбылыс Зеебек эффектісі деп аталды (4.6-сурет).



4.6-сурет

4.6-суреттен көрініп тұрғандай Зеебек эффектiсi кезiнде пайда болатын электр тогының бағыты контактілердегі температуралармен анықталады және термоэлектрлік қозғаушы күштің шамасы металдардың табиғатына және контактілердегі температуралардың айырымына тәуелді болады:

$$\varepsilon = \alpha_{12}(T_B - T_A) \quad (4.19)$$

мұндағы: α_{12} – термоэлектрлік қозғаушы күш коэффициенті деп аталатын пропорционалдық коэффициент.

Зеебек құбылысы температуралар айырымын өлшеу үшін қолданылады, мұндай қондырғы **термопара** деп аталады.

2) *Пельте эффектiсi*. Металл өткізгіш арқылы электр тогы өткенде жылу бөлінетіндігі белгілі, оны Джоуль-Ленц жылуы деп атауға болады. Әртекті екі металдардан (екі жартылай өткізгіштерден) тұратын тізбек арқылы электр тогы өткенде Джоуль-Ленц жылуымен қатар олардың жанасқан контактілерінде токтың бағытына байланысты қосымша жылу мөлшері бөлініп шығады немесе жұтылады. Бұл құбылыс Пельте эффектiсi деп аталады. Пельте эффектiсi Зеебек эффектiсiне кері эффект болып табылады. Бөлініп шыққан қосымша жылу мөлшері жылу мөлшері келесі өрнекпен анықталады:

$$Q_p = \Pi \cdot I \cdot t \quad (4.20)$$

мұндағы: Π – Пельте коэффициенті деп аталады.

Пельте эффектiсi суытқыштар, кондиционерлер жасауда қолданылады.

3) *Томсон эффектiсi*. Бойында температура градиенті бар біртекті өткізгіш (жартылай өткізгіш) арқылы электр тогы өткенде токтың бағытына байланысты өткізгіштен (жартылай өткізгіштен) Джоуль-Ленц жылуымен қатар қосымша жылудың бөлінуі немесе жұтылуы Томсон эффектiсi деп аталады.

Томсон эффектiсi кезiнде бөлінетін немесе жұтылатын жылу мөлшерінің элементі келесі өрнекпен анықталады: $\delta Q = \tau \cdot I \cdot \frac{dT}{dl} dl \quad (4.21)$

мұндағы: τ – Томсон коэффициенті деп аталады, ал $\frac{dT}{dl}$ – температура градиенті.

4.6 *Электрлік диссоциация. Электролиттердің өткізгіштігі. Электролиттер үшін Ом заңы.* Дистилденген су электр тогын өткізбейді, яғни диэлектрик болып табылады, бірақ оған ас тұзын ($NaCl$) салса, онда судың еріткіштік әсерінен ас тұзы оң ($Na^{+i\ddot{c}}$) және теріс ($Cl^{-i\ddot{c}}$) иондарға ыдырайды да дистилденген су өткізгішке айналады. *Сілтілердің, қышқылдардың немесе тұздардың судағы ерітінділері электролит деп аталады.*

Ас тұзының ($NaCl$) молекуласындағы оң ($Na^{+i\ddot{c}}$) және теріс ($Cl^{-i\ddot{c}}$) иондар арасында электрлік тартылыс күші молекуланы тұтас күйінде ұстап тұрады. Оған су құйғанда судың (еріткіштің) полярлық молекулаларының электр өрісінің ықпалымен ас тұзының (ерітін заттың) иондары арасындағы электрлік тартылыс күші ϵ есе кемиді де, пайда болған ертіндіде жылулық энергияның есебінен ас тұзының (ерітін заттың) молекулалары оң ($Na^{+i\ddot{c}}$) және теріс ($Cl^{-i\ddot{c}}$) иондарға ыдырайды. Осы процесс, яғни *сумен (еріткіш затпен) әсерлесу салдарынан электролит молекулаларының химиялық байланысы үзіліп, оң және теріс иондарға ыдырауы электролиттік диссоциация деп аталады.*

Электролиттердегі молекулалардың иондарға ыдырауы, яғни электролиттік диссоциация құбылысы диссоциация коэффициенті (α) деп аталатын шамамен сипатталады.

Диссоциация коэффициенті (α) деп ерітіндідегі диссоциацияланған молекула санының (n) жалпы молекула санына (n_0) қатынасын айтады, яғни

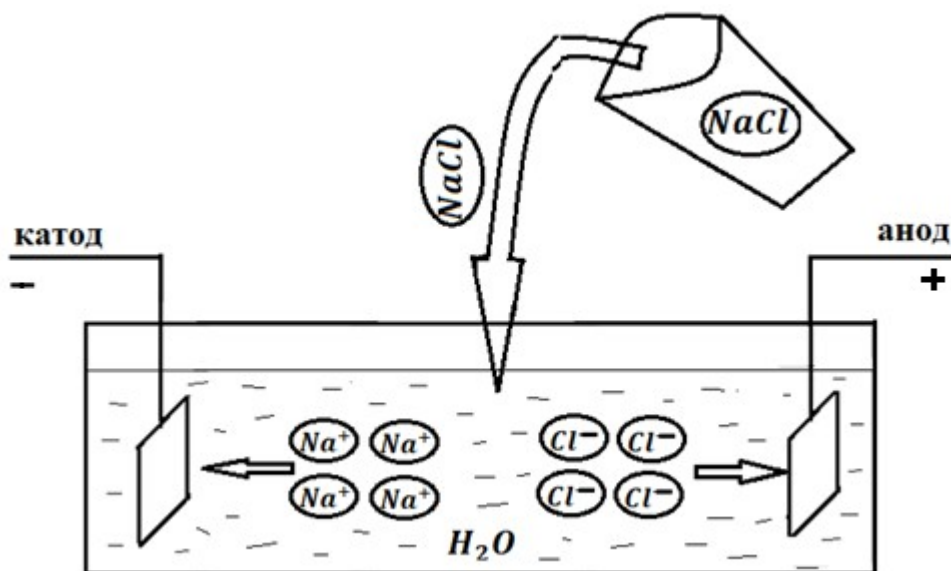
$$\alpha = \frac{n}{n_0} \quad \Rightarrow \quad n = \alpha \cdot n_0 \quad (4.22)$$

Электролиттік диссоциация құбылысы қайтымды, яғни ерітіндіде диссоциациялану (иондарға ыдырау) процесімен қатар оған кері процесс те қатар жүруі мүмкін. Бұл құбылыс *рекомбинация* деп аталады.

Рекомбинация деп ерітіндідегі оң және теріс иондар кездейсоқ соқтығысып, бейтарап молекулаға бірігу құбылысын айтады.

Ас тұзының ($NaCl$) судағы ерітіндісінде иондардың пайда болу механизмін мысалға ала отырып, электролиттерде электр тогының табиғатын қарастырайық (4.7-сурет).

Ваннаға дистилденген су құйылып, оған тұрақты ток көзінің әр аттас полюстеріне жалғанған екі электрод батырылады. Дистилденген су диэлектрик болғандықтан тізбекте ток жүрмейді. Осы сәтте 4.7-суретте көрсетілгендей ваннадағы суға ас тұзы салынады. Судың еріткіштік қасиетінен ас тұзының молекулаларының арасындағы химиялық байланысы үзіліп, оң ($Na^{+i\ddot{c}}$) және теріс ($Cl^{-i\ddot{c}}$) иондарға ыдырайды да, сыртқы тұрақты электр өрісінің әсерінен оң ($Na^{+i\ddot{c}}$) иондар катодқа (сол себептен оң иондар катиондар деп аталады), ал теріс ($Cl^{-i\ddot{c}}$) иондар анодқа қарай (сол себептен теріс иондар аниондар деп аталады) тұрақты жылдамдықпен реттелген қозғалысқа түседі, яғни электролит ішінде ток жүреді.



4.7-сурет

Сонымен электролиттерде электр тогын оң (катион) және теріс (анион) иондар тасымалдайды, яғни электролиттердің электр өткізгіштігі – иондық.

Электролит арқылы ток өткенде оның химиялық құрамында өзгеріс байқалады, сондықтан оларды екінші текті өткізгіштер деп атайды.

Ионның электролит ішінде реттелген қозғалысының теңдеуі:

$$\vec{F}_k^\pm = q^\pm \cdot \vec{E} \quad (4.23)$$

мұндағы: \vec{F}_k^\pm - q^\pm ионның электролит ішіндегі қозғалысына кедергі күш. Ол күшті Стокс заңымен де анықтауға болады: $\vec{F}_k^\pm = 6\pi \cdot \eta \cdot \vec{v}^\pm \cdot r^\pm$ (4.24)

мұндағы: η - ортаның тұтқырлық коэффициенті, \vec{v}^\pm - ионның реттелген қозғалысының жылдамдығы, r^\pm - ионның радиусы.

$$(4.23)\text{-өрнек пен } (4.24)\text{-өрнекті теңестіргенде: } b^\pm = \frac{v^\pm}{E} = \frac{q^\pm}{6\pi \cdot \eta \cdot r^\pm} \quad (4.25)$$

мұндағы: b^\pm - ионның қозғалғыштығы деп аталатын шама.

ХБЖ-да ионның қозғалғыштығының өлшем бірлігі: $[b^\pm] = \left[\frac{M^2}{B \cdot c} \right]$.

Электролиттердегі электр тогының тығыздығы оң және теріс иондардың ток тығыздықтарының қосындысына тең болады, (3.6)-өрнектен ток тығыздығы:

$$j = j^+ + j^- = q^+ \cdot n^+ \cdot v^+ + q^- \cdot n^- \cdot v^- \quad (4.26)$$

(4.25)-өрнектен ионның реттелген қозғалысының жылдамдығын табуға болады:

$$v^\pm = b^\pm \cdot E. \quad (4.27)$$

(4.27)-өрнектің екі жағына да $q^\pm \cdot n^\pm$ ге көбейткенде сол жағы ток тығыздығын береді: $q^\pm \cdot n^\pm \cdot v^\pm = q^\pm \cdot n^\pm \cdot b^\pm \cdot E \Rightarrow j^\pm = \zeta q^\pm \cdot n^\pm \cdot b^\pm \cdot E$ (4.28)

Электролиттік диссоциация кезінде пайда болған оң және теріс иондардың шоғыры (концентрациясы) тең болатындығын ζ ескерсек, (4.28)-өрнекті былайша жазуға болады:

$$j = \zeta \quad (4.29)$$

(4.29)-өрнектің оң жағындағы i - өткізгіштің меншікті өткізгіштігіне тең деп қабылдасақ: $j = \gamma \cdot E$ немесе $\vec{j} = \gamma \cdot \vec{E}$ Ом заңының дифференциалдық түрде жазылуын береді. $q^{+i} = q^{-i} = i$ деп қарастырғанда, электролиттер үшін Ом заңын мына түрде жазуға болады:

$$\vec{j} = i \quad (4.30)$$

(4.30)-өрнек электролиттер үшін Ом заңы деп аталады.

4.7 Электролиз құбылысы. Фарадей заңдары. Электролит арқылы электр тогы жүргенде электродтарда зат бөлінеді, яғни катодта электролиттік катиондар бейтарап атомға айналып, электродтың беті катион затымен қапталады (анодта электролиттік аниондар бейтараптанады). Бұл процесс *электролиз* деп аталады.

Электролиз деп электролит арқылы электр тогы жүргенде тотығу-тотықсыздану реакциялары нәтижесінде электродтарда заттың бөлінуін айтады.

Электролиз құбылысын зерттей келе М.Фарадей екі заң тұжырымдады.

Электролиздің (Фарадейдің) I-заңы: *Электролит арқылы электр тогы жүргенде электродта бөлінетін заттың массасы ол арқылы өткен заряд шамасына тура пропорционал.*

Электролиз кезінде dt уақыт ішінде dq заряд тасымалданса, электродта бөлініп шығатын заттың массасы: $dm = k \cdot dq$ (4.31)

мұндағы: k – заттың электрохимиялық эквиваленті деп аталатын пропорционалдық коэффициент, ал $dq = I \cdot dt$ екендігін ескерсек, электролиз кезінде электродта t уақыт ішінде бөлінетін заттың толық массасы (4.31)-өрнекті 0-ден t уақыт аралығында интегралдау арқылы табылады:

$$\int_0^m dm = \int_0^t k \cdot I \cdot dt, \quad \text{мұндағы } k \text{ және } I \text{ тұрақты шамаларға тең болғандықтан:}$$

$$m = k \cdot I \cdot t \quad (4.32)$$

Электролиздің (Фарадейдің) II-заңы: *Заттың электрохимиялық эквивалентті оның химиялық эквивалентіне пропорционал болады.*

$$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{Z} \quad (4.33)$$

мұндағы: $\frac{M}{Z}$ – заттың химиялық эквиваленті, $M = m_0 \cdot N_A$ – заттың бір молінің массасы, Z – валенттілік, F – Фарадей саны (тұрақтысы), $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \frac{1}{\text{моль}}$ – Авогадро саны.

Фарадей санының мәні: $F = 9,65 \cdot 10^4 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}}$. (4.33)-өрнекті (4.32)-өрнекке қойғанда Фарадейдің біріккен заңы алынады:

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{M}{Z} \cdot I \cdot t \quad (4.34)$$

Фарадейдің электролиз үшін заңдары электронның зарядын анықтау үшін қолданылады. Электролиз кезінде электродта бөлінетін заттың (m) массасын жеке бір ионның (m_0) массасы мен электродқа жабысқан иондар (N) санының көбейтіндісі арқылы анықталады: $m = m_0 \cdot N$. Әр ионның заряды $q_0 = Z \cdot e$ өрнегімен анықталады. Сонда N ионды бейтараптау кезінде электролит арқылы тасымалданатын заряд шамасы: $q = N \cdot q_0 = Z \cdot e \cdot N \Rightarrow N = \frac{q}{Z \cdot e}$

Соңғы өрнекті $m = m_0 \cdot N$ өрнегіне қойғанда: $m = \frac{m_0}{Z \cdot e} \cdot q$ (4.35)

(4.32)-өрнек пен (4.35)-өрнекті өзара салыстырғанда: $k = \frac{m_0}{Z \cdot e}$ (4.36)

(4.33)-өрнек пен (4.36)-өрнекті бір-біріне теңестіргенде: $\frac{m_0}{Z \cdot e} = \frac{1}{F} \cdot \frac{m_0 \cdot N_A}{Z}$, бұдан

$e = \frac{F}{N_A} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ – электронның зарядының сан мәні анықталады.

Техникада электролиз құбылысы көптеген бағытта қолданыс тапқан:

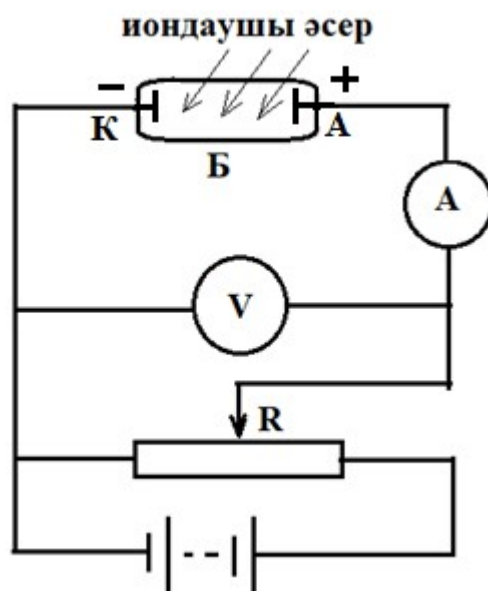
- 1) бір металды екінші бір металмен қаптау арқылы коррозиядан сақтау немесе сәндеу мақсатында қолданылады;
- 2) металдан жасалған бұйымдардың бетін электрлік жалтырату арқылы тегістеу үшін қолданылады;
- 3) бедерлі модельдерден металдық көшірме алуын әдіс ретінде гальванопластикада қолданылады;
- 4) металды рафинациялауда, яғни алюминий, натрий, магний, бериллий және т.б. металдарды балқытылған рудалардан ажыратып алу мақсатында электрометаллургияда қолданылады;
- 5) ауыр су (D_2O) алу мақсатында қолданылады;
- 6) Электролиттік конденсаторлар жасау мақсатында қолданылады.

4.8 Газдардағы электр тогы. Тәуелді газ разряды. Иондалмаған газ электр тогын өткізбейді, яғни диэлектрик болып табылады, газ иондалған жағдайда ғана өткізгішке айналады. Сыртқы иондаушы әсерлерден (жоғары энергиялы сәулелермен ықпал ету, қыздыру арқылы, бөлшектер ағынымен атқылау әсерінен) газдың бейтарап молекулалары оң иондар мен еркін электрондарға ыдырап, аракідік бейтарап молекулалар мен электрондар бірігуінен теріс иондар түзіліп, газ иондалады. Бұл процесс газдардың ионизациясы деп аталады.

Газ ионизациясы деп иондаушы әсерден газдың бейтарап молекулаларының оң және теріс иондар мен еркін электрондарға айналу процесін айтады.

Газдың ионизациясымен қатар оған кері процесс - рекомбинация процесі де жүріп жатады.

Рекомбинация деп иондалған газдағы оң және теріс таңбалы иондар, оң таңбалы иондар мен электрондар кездесіп қалып, бейтарап атомдар мен молекулаларға қайта бірігу процесін айтады.

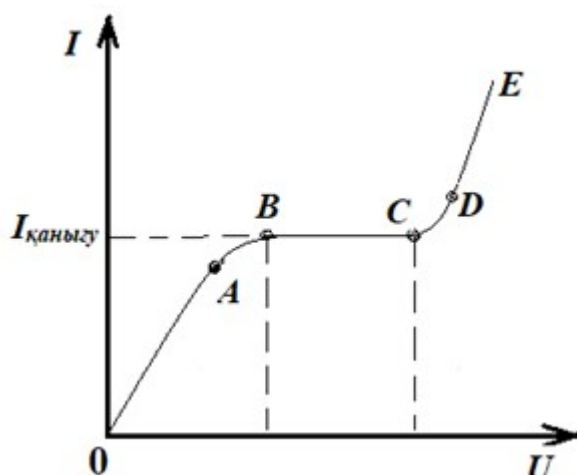


4.8-сурет

Газ арқылы электр тогының өтуі газ разряды деп аталады. Газ разряды тек сыртқы иондаушы әсердің есебінен жүретін болса, мұндай газ разряды *тәуелді газ разряды* деп аталады. Сыртқы иондаушы әсерден газ иондалған соң сыртқы иондаушы әсер тоқтатылса да газдың иондалуы тоқтамай жалғаса беруі мүмкін. Газ разрядының мұндай түрі *тәуелсіз газ разряды* деп аталады.

4.8-суретте көрсетілгендей электр тізбегі жинақталып, Б баллон ішіндегі газ сыртқы әсермен иондалып, газ разрядының салдарынан тізбекте ток жүреді. Сыртқы иондаушы әсер үздіксіз әрі интенсивтілігі тұрақты болған жағдай үшін тізбектегі ток күшінің түсірілген кернеуге тәуелділігі (вольт-амперлік сипаттамасы) 4.9-суретте келтірілген.

4.9-суреттегі ОА бөлігінде ток күші түсірілген кернеуге тура пропорционал болғандықтан бұл аралық үшін Ом заңы орындалады. АВ бөлігінде бұл тәуелділік өзгереді, яғни кернеудің шамасын әрмен қарай артырғанда ток күшінің артуы бәсеңдейді де, В нүктесіне жеткенде ток күшінің өзгерісі тоқтайды, ток күші қанығу дәрежесіне жетеді. Бұл құбылыс С нүктесіне дейін жалғасады, себебі ВС бөлігінде сыртқы иондаушы әсер өзгермеген жағдайда газдағы 1 с-та бөлініп үлгерген иондар мен электрондар сол сәтте ақ электродтарға жетіп, бейтараптанып үлгереді, яғни газдағы иондар мен электрондар саны электродтарда бейтараптанып иондар мен электрондар санына тең болады. ВС бөлігі тәуелді разрядқа сәйкес келеді. Тәуелді разрядқа сәйкес келетін ток *қанығу тогы* деп аталады. Қанығу тогының шамасы иондаушы әсердің қуатына тәуелді болады.



4.9-сурет

Кернеудің шамасын одан әрі қарай арттырғанда электродтар арасындағы электр өрісінде үдетілген электрондардың газ молекулаларымен соқтығысуы салдарынан екпінді ионизация орын алады, нәтижесінде екінші реттік иондар мен электрондар пайда болады. Иондар мен электрондардың жалпы саны анодқа жақындағанда күрт артады, бұл сипатталған процесс *екпінді иондалу* деп аталады және 4.9-суретте *CD* бөлігіндегі сәйкес келеді.

Кернеудің шамасының белгілі бір мәнінде электродтар арасындағы электр өрісінде үдетілген оң иондар жеткілікті энергияға ие болады да газ молекуласын ионизациялайды, газда иондық тасқын пайда болады. Бұл кезде кернеудің шамасына тәуелсіз түрде ток күшінің артуы байқалады (*DE* бөлігі). Электрондар мен иондардың қарқынды түрде тасқын тәрізді көбеюі сыртқы иондаушы әсер тоқтаса да оған тәуелсіз газ разрядының жүруіне алып келеді. Газ разрядының мұндай түрі *тәуелсіз газ разряды* деп аталады. Тәуелсіз газ разряды басталатын кернеу *тесін өту кернеуі* деп аталады.

4.9 Тәуелсіз газ разрядының түрлері. Плазма туралы түсінік. Газдық ортаның қысымына, сыртқы тізбектің параметрлеріне, электродтардың орналасуына қарай тәуелсіз газ разрядын төрт түрге бөледі: ұшқынды, тәжді, доғалық және солғын.

1. Атмосфералық қысымдағы газда электр өрісінің кернеулігінің үлкен мәндерінде байқалатын газ разрядының түрі *ұшқынды газ разряды*. Ұшқынды газ разряды кезінде газ кенеттен өзінің диэлектрлік қасиетінен айырылып, жақсы өткізгішке айналады. Ұшқынды газ разряды байқалуы қажетті электр өрісінің кернеулігінің мәні газдың күйлеріне (қысымы мен температурасына) және электродтардың өзара орналасуына (арақашықтығына) байланысты әртүрлі газдарда әртүрлі болады. Ұшқынды газ разряды жарқын зигзаг тәрізді тармақталған жұқа жолақтардың шоғыры, табиғаттағы найзағай ұшқынды газ разрядына мысал бола алады. Ұшқынды газ разрядының пайда болуы мен дамуын стримерлік теория (Д.Мико, Т.Леба) көмегімен түсіндіріледі. Бұл теория бойынша фотоиондалу процесі кезінде өткізгіштігі жоғары аймақ-стримерлер пайда болады. Катод маңайында пайда болатын электрондардың бірінші тасқынының алдында екінші стример қалыптасады т.с.с. Мұндай

стример *теріс стример* деп аталады. Анод жақтан қозғалатын *оң стримерлер* де болады.

2. Атмосфералық қысымдағы газда электродтардың біреуі үшкір ал екіншісі үлкен бетті болып келген жағдайда олардың арасында біртексіздігі өте жоғары электр өрісі пайда болады да, оның кернеулігінің шамасы белгілі бір шекті мәніне жеткенде электродтардың айналасында тәж тәрізді жарқыл пайда болады. мұндай тәуелсіз газ разрядының түрін *тәжді газ разряды* деп атайды.

Егер тәжді газ разряды катодтың маңайында пайда болса, оны теріс тәжді разряд деп атайды, ал тәжді разряд анодтың маңайында пайда болса, оны оң тәжді разряд деп атайды.

Тәжді разряд газдарды шаңдардан, ластанудан тазарту үшін электростатикалық сүзгі ретінде, сонымен қатар жасалған конструкциялардың күйін диагностикалау, яғни өнімдердегі жарықтарды анықтау үшін қолданылады. Тәжді газ разряды көшіру аппараттарында (ксерокстарда) және лазерлік принтерлерде жарыққа сезімтал барабанды зарядтау, ұнтақты барабаннан қағазға тасымалдау және барабаннан қалдық зарядты алу үшін, қыздыру шамының ішіндегі қысымды анықтау үшін қолданылады.

Тәжді газ разряды радиобайланыстарға кедергі келтіреді, жоғары кернеулі электр желілерінде токтың орынсыз шығындалуына алып келеді.

3. Жоғарғы қуат көзінен ұшқынды газ разрядын алған соң электродтар бір-біріне жақындатқанда үздікті разряд үздіксіз разряд түріне ауысады, яғни *доғалық разряд* пайда болады. Доғалық газ разряды электродтар арасындағы кернеудің шамасы салыстырмалы түрде аз, ал ток тығыздығы үлкен мәнге ие болған кезде байқалады. Доғалық разрядты төменгі кернеу көзінен де алуға болады. Ол үшін электродтарды (мысалы көміртекті) жанасқанға дейін жақындатып, олар қатты қызған соң электродтарды ажыратқан кезде доғалық разряд пайда болады.

4. Егер газдық ортаның қысымы ($P=0,1$ мм.сынап бағанасы) төмен болса, салқын катодты оң иондармен атқылағанда ұшып шығатын электрондардың әсерінен газда екпінді ионизация кезінде байқалатын газ разряды - *солғын газ разряды деп аталады*. Әдетте солғын газ разряды екі электрод дәнекерленген шыны түтіктің ішінде іске асады.

Солғын газ разряды күндізгі шамдарды, жарнамалық түтікшелерде, неондық шамда т.б. кеңінен қолданылады.

Плазма деп оң және теріс зарядтарының тығыздықтары бірдей болатын, толық немесе ішінара иондалған күйдегі газдың ерекше күйін айтады.

Плазманың күйін сипаттау үшін иондалу дәрежесі (α) деп аталатын шама енгізіледі. *Плазманың иондалу дәрежесі деп плазманың бірлік көлеміндегі иондалған атомдар санының (n) олардың сол көлемдегі толық санына (n_0) қатынасын айтады.*

$$\alpha = \frac{n}{n_0}$$

Иондалу дәрежесінің шамасына қарай плазма *әлсіз иондалған* ($\alpha < 1\%$), *ішінара иондалған* ($1\% < \alpha < 100\%$) және *толық иондалған* ($\alpha = 100\%$) деп үшке бөлінеді.

Әдетте зат үш агрегаттық күйде кездеседі деп айтылады, плазманы газ күйіндегі затқа жатқызады. Дегенмен толық иондалу кезінде плазманың иондалу дәрежесі өте жоғары болады, плазмада оң және теріс зарядтар өзара тең болады, сондықтан плазманың электр өткізгіштігі өте жоғары болады. Плазма электр және магнит өрістерімен күшті әсерлеседі және өзінен жарық шығара алады. Плазмадағы электрондардың тербеліс жиілігі өте жоғары ($\approx 10^8$ Гц) болады, ондағы бөлшектердің басым көпшілігі бір мезгілде өзара ұжымдық түрде әсерлесе алады. Плазманың осындай өзіндік ерекше қасиеттері болғандықтан, кейбір дерек көздерінде плазманы төртінші агрегаттық күй деп те атайды.

Плазма газды қыздыру, электромагниттік сәулемен сәулелендіру, зарядталған бөлшектермен соққылау, т.б.с.с иондаушы әсерлердің көмегімен алынады. Ғалам кеңістігіндегі ғарыштық нысандардың бірқатары (жұлдыздар мен олардың атмосферасы, галактикалық тұмандықтар т.б.) плазма күйінде болады. “Плазма” терминін ғылымға ең алғаш 1923 жылы америкалық ғалымдары И.Ленгмюр мен Л.Тонкс енгізді.

Плазма температуралық жағдайына қарай жоғары температуралық және төмен температуралық плазма деп екіге бөлінеді. Аса жоғары 10^9K температура салдарынан пайда болатын плазма жоғары температуралық, ал 10^5K температурада жүретін плазма төменгі температуралық плазма болып саналады.

Плазма күйі тұрақты сақталып тұруы үшін рекомбинацияның нәтижесінде кемітін иондар санын толықтырылып отырылуы тиіс.

Плазма газ күйіндегі затқа жататындықтан ток тасымалдайтын зарядталған бөлшектерге электрондар мен иондар жатады және олардың концентрациясы өте жоғары болады. Сондықтан плазманың электр өткізгіштігі өте жоғары. Электрондардың қозғалғыштығы иондарға қарағанда үш еседей көп, осының салдарынан плазмада токты негізінен электрондар тасымалдайды.

Плазманың қасиеттерін зерттеу келесі мәселелерді шешу үшін қажет:

1. Ғарыш әлемінде плазмалық орта жеткілікті болғандықтан плазманың қасиеттерін зерттеу арқылы астрофизикалық мәселелерді шешуге мүмкіндік туындайды;
2. Жоғары температуралық плазманы (10^9K) зерттеу термоядролық бірігу реакцияларын басқару мәселелерін шешуге ғылыми негіз бола алады;
3. Төменгі температуралық плазма (10^5K) қасиеттерін зерттеу газды лазерлерде, термоэлектрондық түрлендіргіштерде, плазмалық ғарыш кемесінің қозғалтқыштарын жетілдіруде, ұзақ мерзімде ғарышта ұшатын аппараттар жасауда т.б.с.с мәселелерді шешуде жәрдемі тиеді;
4. Плазмалар металдарды кесу және пісіру үшін, кейбір химиялық қосындыларды алу үшін кеңінен қолданылады.

Бақылау сұрақтары

1. Металдардың электр тогын өткізуінің табиғатын түсіндір.
2. Металдардың электр өткізгіштігінің классикалық электрондық теориясының жетістіктерін баянда.
3. Классикалық электрондық теориясының қиындықтары туралы ойыңды пайымда.
4. Термоэлектрондық эмиссия құбылысының механизмін түсіндір.
5. Термоэлектрондық құбылыстардың ерекшеліктері мен өзара байланысын анықта.
6. Электролиттердің электр тогын өткізу механизмін талда.
7. Электролиттер үшін Ом заңының өрнегін қорытып шығар.
8. Элетролиз құбылысының ерекшеліктерін түсіндір.
9. Фарадейдің электролиз үшін заңдарының мағынасын ашып көрсет.
10. Газдардың электр өткізгіштігінің табиғатын баянда.
11. Газ разрядының ерекшеліктеріне талдау жаса.
12. Плазманың қасиеттерін және қолданылуын баянда.