

**GAZLARDA ELEKTR TO'KI MUSTAQIL VA MUSTAQIL BO'LMAGAN
GAZ RAZRYADLARI***Mamatova Go'zaloy Jo'ramirzayevna**Fizika va texnologiya kafedrası v.b.dotsenti**Mirabdullayeva Dilafruz kenjaboy qizi**Ibrohimova Muborak Yodgorbek qizi**Andijon davlat pedagogika instituti**Kimyo yo'nalishi talabasi*

Annotatsiya: Ushbu mavzuda gaz muhitida elektr tokining o'tishi, ya'ni gazlarda elektr razryadlari jarayoni o'rganiladi. Mustaqil bo'lmagan razryad tashqi ionlashtiruvchi manbaga ehtiyoj sezadi, masalan, ultrabinafsha nurlanish, rentgen nurlari yoki radioaktiv zarralar. Mustaqil razryad esa ionlashishning zanjirli jarayonlari natijasida tashqi manbasiz ham davom eta oladi. Ushbu mavzu elektr va plazma fizikasi, texnikada gaz razryadli qurilmalarning ishlash prinsiplarini tushunishda muhim ahamiyatga ega.

Аннотация: Данная тема посвящена электрическим разрядам в газах, которые играют важную роль в различных областях науки и техники, таких как электроника, плазменные технологии и атмосферные явления. В аннотации рассматриваются два типа газовых разрядов: несамостоятельные (инициируются внешним источником и существуют только при его наличии) и самостоятельные (продолжаются без внешнего ионизирующего воздействия). Описываются механизмы ионизации, условия возникновения разрядов, а также примеры их практического применения, включая неоновые лампы, газоразрядные индикаторы и молнии.

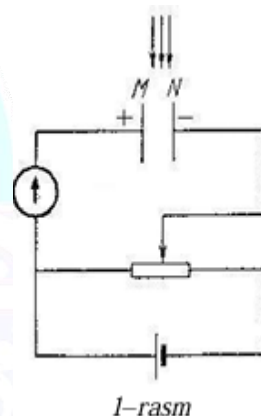
Annotation: This topic focuses on electric discharges in gases, which are essential in various scientific and technical fields such as electronics, plasma technology, and atmospheric phenomena. The annotation discusses two types of gas discharges: non-self-sustained (initiated and maintained only with an external ionizing source) and self-sustained (continue without external influence). It covers ionization mechanisms, the conditions required for discharges to occur, and practical applications, including neon lights, gas discharge indicators, and lightning.

Kalit so'zlar Gaz razryadi, Mustaqil gaz razryadi, Mustaqil bo'lmagan gaz razryadi, Ionlanish, Elektr toki, Elektr maydoni, Plazma fizikasi, Neon chiroq, Rentgen trubkasi, Yashin hodisasi

Ключевые слова: Газовый разряд, Самостоятельный газовый разряд, Несамостоятельный газовый разряд, Ионизация, Электрический ток, Электрическое поле, Физика плазмы, Неоновая лампа, Рентгеновская трубк.

Keywords: Gas discharge, Self-sustained discharge, Non-self-sustained discharge, Ionization, Electric current, Electric field, Plasma physics, Neon lamp, X-ray tube, Lightning

Gazlarda elektr toki: Gazlar orqali elektr tokning o'tishini tekshirish uchun 1–rasmدا tasvirlangan shema asosida elektr zanjir tuzaylik. Bu zanjirning bir qismi, M va N plastinalar (elektrodlar) orasidagi qismi biror gazdan iborat bo'lsin. Shemadagi gal vanometr zanjir bo'ylab elektr tok oqmayotganligini ko'rsatadi, chunki oddiy sharoitlarda gazda zaryad tashuvchilar bo'lmaydi. Demak, zanjir M va N elektrodlar orasida uzilgan bo'ladi. Shuning uchun zanjir orqali elektr tok oqishini ta'minlamoqchi bo'lsak, elektrodlar oralig'iga zaryad tashuvchilar kiritish yoki biror usul bilan elektrodlar orasidagi gazda zaryad tashuvchilar vujudga keltirish kerak. Gazda zaryad tashuvchilar vujudga keltirishning barcha usullarini ikki gruppaga ajratish mumkin: 1–rasm a) gazdagi zaryad tashuvchilar tashqi faktorlar tufayli vujudga kelishi natijasida kuzatiladigan elektr tokni nomustaqil gaz razryad deyiladi; b) M va N elektrodlar orasidagi elektr maydon ta'sirida vujudga kelgan zaryad tashuvchilar tufayli kuzatiladigan elektr tokni mustaqil gaz razryad deyiladi.



ya'ni

Nomustaqil gaz razryad: Agar M va N elektrodlar orasidagi gazni qizdirsak yoki α , β , γ , rentgen, ul trabinafsha nurlar bilan nurlantirsak, gaz molekulalarining ionlashuvi sodir bo'ladi. Ionlashuv jarayonining mohiyati quyidagidan iborat. Tashqi faktorlardan olgan energiya tufayli gaz molekulasidagi bir yoki bir necha elektron molekuladan ajralib chiqadi. Natijada molekula musbat zaryadlangan ionga aylanib qoladi. Ajralib chiqqan elektronlarning bir qismi neytral molekulalar bilan birlashib manfiy zaryadlangan ionlarni vujudga keltiradi. Shuning uchun ham gazdagi (ionlashish jarayoniga sababchi bo'lgan tashqi faktorni ionizator (ionlashtiruvchi) deb ataladi. Ionlanish jarayoni bilan bir qatorda gazda rekombinatsiya jarayoni ham sodir bo'ladi. Rekombinatsiya ionlanishga teskari jarayon bo'lib, bunda musbat va manfiy ionlarning yoki elektron va musbat ionning to'qnashuvi natijasida neytral molekulalar hosil bo'ladi. Shunday qilib, gazlarda ionlanish jarayonida manfiy zaryad tashuvchilar (elektronlar va manfiy ionlar) hamda musbat zaryad tashuvchilar (musbat ionlar) teng miqdorda hosil bo'ladi, rekombinatsiya jarayonida esa teng miqdorda yuqoladi. Ionizator ta'sirida gazning birlik hajmida birlik vaqtda $n+$ dona musbat va $n-$ dona manfiy zaryad tashuvchilar vujudga kelayotgan bo'lsin. Odatda $n+=n-$ bo'lganligi uchun, oddiygina qilib, n juft zaryad tashuvchilar vujudga kelyapti, deylik.

Rekombinatsiya jarayoni tufayli $\Delta n'$ juft ion kamayayotgan bo'lsin. Elektr maydon tufayli musbat zaryad tashuvchilar manfiy zaryadlangan N elektrodga, manfiy zaryad tashuvchilar esa musbat zaryadlangan M elektrodga tortiladi va ularda neytrallanadi. Buning natijasida $\Delta n''$ juft ionlar kamayotgan bo'lsin. U holda gazning birlik hajmida birlik vaqtda kamayayotgan ionlarning umumiy soni

$$\Delta n = \Delta n' + \Delta n'' \quad (1.1)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Bu ifodadagi qo'shiluvchilarning hissalarini elektr maydonga bog'liq. Ikki chegaraviy holni ko'raylik. 1. Elektrodga berilgan kuchlanishning ancha kichik qiymatlarida, ya'ni kuchsiz elektr maydonlarda ionlar asosan rekombinatsiya tufayli kamayadi ($\Delta n' \gg \Delta n''$). Lekin bir qism ionlar elektr maydon tufayli qarama-qarshi zaryadlangan elektrodga etib boradi va kuchsiz elektr tokni vujudga kelishiga sababchi bo'ladi. Elektr maydon ta'sirida musbat va manfiy zaryad tashuvchilar mos ravishda quyidagi tezliklar bilan harakat qiladi:

$$v_+ = u_+ E, \quad v_- = u_- E, \quad (1.2)$$

bu ifodalarda E – elektr maydon kuchlanganligi, u_+ va u_- lar esa mos ravishda musbat va manfiy zaryad tashuvchilarning harakatchanliklari. Ionning harakatchanligi – kuchlanganligi 1 V bo'lgan elektr maydon ta'sirida ion erishgan tezlik bilan karakterlanib, turli gazlar uchun turlicha qiymatlarga ega bo'ladi.

(1.2) ifoda bilan aniqlanuvchi tezliklar bilan tartibli harakat qiluvchi ionlar Δt vaqt ichida plastinalarga quyidagi zaryadlarni yetkazadi:

$$\begin{aligned} Q_+ &= qn_+ v_+ S \Delta t = qn_+ u_+ E S \Delta t, \\ Q_- &= qn_- v_- S \Delta t = qn_- u_- E S \Delta t, \end{aligned} \quad (1.3)$$

Bunda Q_+ va Q_- – mos ravishda manfiy va musbat zaryadlangan elektrodga ionlar tashib yetkazayotgan zaryad miqdorlari, q – ionning zaryadi, S – elektrodning yuzi. Elektr maydon tomonidan ko'chirilgan umumiy zaryad miqdori

$$Q = |Q_+| + |Q_-| = qn(u_+ + u_-) E S \Delta t \quad (1.4)$$

ifoda bilan aniqlanadi. Birlik yuz orqali birlik vaqtda ko'chirilgan zaryad tok zichligi j ni ifodalash mumkin. Shuning uchun

$$j = \frac{Q}{S \Delta t} = qn(u_+ + u_-) E, \quad (1.5)$$

bu ifodadagi q , u_+ , u_- – lar ayni tajriba sharoiti uchun doimiy kattaliklardir. n esa unchalik katta bo'lmagan elektr maydonlar uchun o'zgarmas hisoblanadi. Demak, kuchsiz elektr maydonlarda (1.5) ifodadagi $qn(u_+ + u_-) = \sigma$ ko'paytuvchini o'zgarmas kattalik deb hisoblash mumkin. U holda (1.5) ifoda gazlar orqali o'tuvchi elektr tok uchun Om qonunini ifodalaydi:

$$j = \sigma E \quad (1.6)$$

Endi M va N elektrodga berilgan kuchlanish yetarlicha katta bo'lgan holni ko'raylik. Bu holda elektr maydon ta'sirida ionlar ancha katta tezliklarga erishadi. Shuning uchun ionizator ta'sirida vujudga kelayotgan ionlarning deyarli hammasi

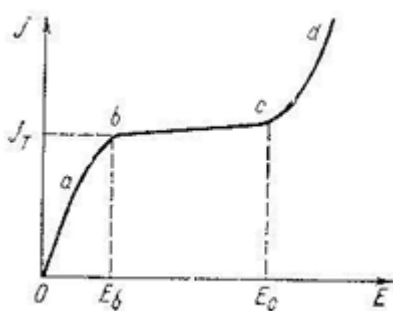
rekombinatsiyalashishga ulgurmasdanoq elektrodلarga etib oladi U holda bir-biridan l uzoqlikda joylashgan S yuzli ikki elektrod orasidagi hajm $S \cdot l$ ga teng bo'lganligi uchun, bu ikki elektrod oralig'ida Δt vaqt ichida umumiy zaryadi. Ionizator ta'sirida gazning birlik hajmida birlik vaqtda n juft ion vujudga keladi, deb hisoblangan edi.

$$Q = qnSl\Delta t \quad (1.7)$$

bo'lgan ionlar vujudga keladi. Bu ionlarning hammasi tok tashishda qatnashayotganligi uchun gaz orqali o'tayotgan elektr tokning qiymati to'yinish toki deyiladi va bu tuyinish tokining zichligi uchun quyidagi ifoda o'rinalidir:

$$j_{\text{tuy}} = \frac{Q}{S\Delta t} = qnl \quad (1.8)$$

2-rasm da nomustaqil gaz razryadda elektr maydon kuchlanganligi qiymatiga bog'liq ravishda tok zichligining o'zgarishini tasvirlovchi grafik chizilgan. Grafikning Oa qismi kuchsiz elektr maydonga mos keladi. Bunday maydonlarda zaryad tashuvchilar kichik tezliklar bilan harakatlanib, ko'pincha elektrodلarga etib bormasdanoq, rekombinatsiyalashadi. Lekin elektr maydon



2-rasm

kuchaygan sari ionlar tezligi ortib ularning rekombinatsiyalashuv ehtimolligi kamayib boradi. Bu esa tokning ortishiga sabab bo'ladi. Bu sohada j va E orasidagi bog'lanish Om qonuniga bo'ysunadi, ab qismda esa j ning E ga chiziqli bog'liqligi buziladi. Grafikning bu qismini *oraliq soha* yoki *o'tish sohasi* deyiladi. bc qismi to'yinish tokiga mos keladi. Maydon kuchlanganligi E_b, E, E_c bo'lganda ionizator ta'sirida vujudga kelgan

ionlarning hammasi tok tashishda qatnashadi. Lekin maydon kuchlanganligi E_c dan ortganda zarbdan ionlanish tufayli tok keskin ortib ketadi (rasmdagi cd qism).

Mustaqil gaz razryad: Tashqi ionizator ta'sir qilmasa ham, nihoyat kuchli elektr maydonlar ta'sirida zaryad tashuvchilar vujudga kelishi mumkin. Zaryad tashuvchilarning vujudga kelishini ta'minlovchi asosiy jarayonlar quyidagilardan iborat.

1. *Zarbdan ionlanish.* Oddiy sharoitlardagi gazda turli sabablar tufayli vujudga kelgan elektronlar va ionlar mavjud. Lekin ularning soni nihoyat darajada kam bo'lganligi uchun oddiy sharoitlardagi gaz amalda elektr tokni o'tkazmaydi, deyish mumkin. Kuchlanganligi E bo'lgan elektr maydonga q zaryadli tok tashuvchi (ion yoki elektron) ga qE kuch ta'sir etadi. Bu kuch ta'sirida tok tashuvchi ikki ketma-ket to'qnashuv orasida erkin bosib o'tilgan l yo'lda

$$W_k = qEl \quad (1.9)$$

kinetik energiyaga erishadi. Agar bu energiya gaz molekulasining ionlanishi uchun bajarilishi lozim bo'lgan A_i ishdan katta bo'lsa, ya'ni

$$W_k \geq A_i \quad (1.10)$$

shart bajarilsa, tok tashuvchining neytral molekula bilan to'qnashishi natijasida molekula ikki qismga – erkin elektronga va musbat zaryadlangan ionga ajraladi. Bu jarayonni *zarbdan ionlanish* deyiladi. Yangi vujudga kelgan tok tashuvchilar ham o'z navbatida elektr maydon tomonidan tezlatiladi. Shuning uchun ular yana ionlanishiga sababchi bo'lishi mumkin. Shu tariqa gazda ionlanish nihoyat katta qiymatlarga erishadi. Bu hodisa tog'lardagi qor ko'chkisini eslatadi. Ma'lumki, qor ko'chkisining vujudga kelishiga bir siqimgina qor sababchi bo'la oladi. Shuning uchun yuqorida bayon etilgan jarayon ionlar ko'chkisi (quyuni) deyiladi.

2. *Ikkilamchi elektron emissiya.* Gazdagi musbat zaryadli ionlar elektr maydon ta'sirida ancha katta energiyalarga erishgach, manfiy elektrodga urilishi natijasida elektroddan elektronlar ajralib chiqadi. Bu hodisani ikkilamchi elektron emissiya deyiladi.

3. *Avtoelektron emissiya.* Bu hodisa nihoyat kuchli elektr maydonlarda ($E \approx 10^8 \text{ V/m}$) sodir bo'ladi. Bunda nihoyat kuchli elektr maydon metallardan elektronlarni yulib (tortib) oladi, deyish mumkin.

4. *Fotoionlanish.* Zarbdan ionlanish natijasida vujudga kelgan ion uyg'otilgan holatda bo'lishi mumkin (uyg'otilgan holatdagi sistemaning energiyasi asosiy holatdagiga qaraganda kattaroq bo'ladi). Bu ion uyg'otilgan holatdan asosiy holatga o'tayotganda qisqa to'lqin uzunlikli nur chiqaradi. Bunday nur energiyasi molekulaning ionlanishiga yetarli bo'lib qolganda fotoionlanish hodisasi ro'y beradi.

5. *Termoelektron emissiya.* Manfiy elektrod temperaturasi yetarlicha yuqori bo'lgan hollarda termoelektron emissiya tufayli anchagina elektronlar vujudga keladi.

Mustaqil gaz razryadlarning ba'zi turlari bilan tanishaylik. Oldin oddiy atmosfera bosimlaridagi gazlarda ro'y beradigan razryadlarni tekshiramiz.

1. *Toj razryad.* Razryadning bu turi vujudga kelganda elektrodlar yaqinida huddi quyosh tojiga o'hshagan nurlanish kuzatiladi. Toj razryad vujudga kelishi uchun nihoyat kuchli notekis elektr maydon mavjud bo'lishi shart. Masalan, katta kuchlanishli elektr toklarni o'tkazuvchi simlarni ko'raylik. Sim va erni kondensatorning ikki qoplamasi deb qarash mumkin. Bu kondensatordagi elektr maydon notekis bo'lib, maydon kuchlanganligi sim yaqinida juda katta qiymatga erishadi. Bu sohadagi gaz elektr maydon ta'sirida nihoyat intensiv ravishda ionlashadi. Shuning uchun bu sohada simni qar tomondan o'rab olgan nurlanish, ya'ni mustaqil gaz razryad kuzatiladi. Bu esa elektr energiyaning isrof bo'lishiga sabab bo'ladi. Toj razryad faqat simlar atrofida emas, balki kuchli va notekis elektr maydon vujudga kelgan elektrodlar atrofida ham vujudga keladi. Masalan, elektrodning biror qismi egrilik radiusi kichik bo'lgan uchlikka ega bo'lsa, bu sohada (uchlikda) elektr zaryadning kontsentratsiyasi juda ortib ketadi. Shuning uchun bu uchlik atrofida

nurlanish kuzatiladi. Toj razryad kema machtalarining, daraxtlarning uchlarida ham kuzatiladi. Qadim vaqtlarda bu hodisalarni «avliyo El ma chiroqlari» deb atashgan.

2. *Uchqunli razryad (uchqun).* Kondensator qoplamalari yoki induksion g'altak chulg'aming ikki uchi orasidagi kuchlanish nihoyat katta bo'lganda gazning turtki ravishda zarbdan ionlanishi natijasida qisqa vaqtli razryad – uchqun vujudga keladi. Eng ulkan uchqun razryad – yashindir. Yashin bulutlar orasida yoki bulut bilan Yer oralig'ida katta poteptsiallar farqi vujudga kelishi natijasida paydo bo'ladi. Uchqun yaqinidagi gaz yuqori temperaturalargacha qiziydi va keskin kengayadi. Bu esa o'z navbatida tovush to'lqinlarining vujudga kelishiga sababchi bo'ladi. Yashinning uzunligi 50 kilometrgacha, tok kuchi 20000 A gacha etadi. Shuning uchun ham Yashin tufayli vujudga keladigan tovush, ya'ni momaqaldiraq juda kuchli bo'ladi.

3. *Ey razryad (elektr yoyi).* Agar 3–rasmda tasvirlangan elektrodni bir-biriga tegizsak va elektr tok o'tkazsak, elektrodning bir-biriga tegib turgan uchlari qiziydi. So'ng ularni bir-biridan bir oz uzoqlashtiraylik. Katod bo'lib hizmat qiluvchi elektrod juda ko'p termoelektronlar chiqaradi. Bu termoelektronlar elektrodlar oralig'idagi gazni ionlashtiradi. Natijada elektrodlar orasida yoy shaklidagi kuchli (ko'zni qamashtiradigan darajada yorug') shu'la paydo bo'ladi. Buni elektr yoyi yoki Petrov yoyi deyiladi. Elektr yoyi uchqundan farqli o'laroq, uzluksiz davom etadi. Tajribalar asosida yoy razryad unchalik katta bo'lmagan kuchlanishlarda (40 V) sodir bo'lishi aniqlandi. Lekin tok kuchi katta (3000 A) bo'lishi mumkin. Elektrodning temperaturalari (2500-4000)°C gacha ko'tariladi. Temperaturaning bu qadar ko'tarilishi metallarni elektr payvandlashda, kuchli yorug'lik tarqatilishi esa yoy lampalarda foydalaniladi.



3–rasm

Endi siyraklashtirilgan gazlarda kuzatiladigan razryad bilan tanishaylik. 4a–rasmda tasvirlangan shisha naychani ikki tomoniga metall elektrodlar kavsharlangan. Bu naycha ichidagi gaz bosimi 0,1 mm simob ustuniga, elektrodga berilgan kuchlanish bir necha yuz voltga teng bo'lganda naychadagi gazda mustaqil razryad kuzatiladi. Razryad tuzilishining mayda tafsilotlari bilan qiziqmay, uni ikki qismdan iborat deb ko'rishimiz mumkin. Katodga yaqin joylashgan nurlanish sodir bo'lmayotgan sohani katod qorong'i fazosi deyiladi. Razryadning qolgan (anodgacha davom etgan) qismida miltillagan nurlanish kuzatiladi. Razryadning bu qismini nurlanuvchi anod ustuni deyiladi. *Yolqin razryad* deb nomlangan bu razryadda katod hamma vaqt sovuqligicha qoladi. U holda ionlar qanday vujudga keladi? Bu savolga javob berish uchun katod bilan anod oralig'idagi nuqtalarda potensialning o'zgarishi bilan tanishaylik. 4b–rasmda katod va naycha ichidagi tekshirilayotgan nuqta orasidagi kuchlanish U ni katoddan ushbu nuqtagacha bo'lgan masofa l ga bog'liqlik grafi

tasvirlangan. Bu grafikdan ko'rinishicha, potensialning asosiy tushuvi katod qorong'i fazosiga to'g'ri keladi. Shuning uchun ham uni katod potensial tushuvi deb ataladi. Katod tomon tortilayotgan musbat ionlar bu sohada katta energiyalarga erishadi va katodga urilgach, undan bir necha elektron ajralib chiqishiga sababchi bo'ladi. Bu elektronlar o'z navbatida katod potentsiali ta'sirida tezlashib gaz molekullari bilan to'qnashganda zarbdan ionlanishni vujudga keltiradi. Vujudga kelgan yangi ionlar yana katod tomon intiladi, katod potentsiali ta'sirida yana tezlashadi, katoddan elektronlarni urib chiqaradi va hokazo.

Xulosa: Demak, elektrodlar oralig'ida kuchlanish mavjud bo'lsa, razryad uzluksiz davom etaveradi. Shuni ham qayd qilib o'taylikki, fanda elektronlar bilan birinchi tanishuv yuqorida bayon etilgan tajribadagi katoddan ajralib chiqayotgan elektronlar oqimini tekshirish natijasida ro'y bergan. Shuning uchun bu elektronlar oqimi katod nurlari deb atalgan. Katoddan elektronlarni urib chiqarayotgan musbat ionlar esa anod nurlari deb atalgan.

Naychadagi gazni o'zgartirganda nurlanishning rangi qam o'zgaradi. Masalan, neon – qizil, argon – ko'kish, geliy – sariq rangdagi nurlanish beradi. Yolqin razryadning bu xususiyatlaridan kunduzgi yorug'lik lampalarida, vitrinalarni yoritish, bezash maqsadlarida foydalaniladi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. М.С. Бродянский, Ю.А. Будянский – *Общая физика. Электричество и магнетизм* – Москва: Высшая школа, 2001.
2. Сивухин Д.В. – *Общий курс физики. Том 3. Электричество* – Москва: Наука, 2003.
3. Фейнман Р., Лейтон Р., Сэндс М. – *Фейнмановские лекции по физике. Том 2* – Москва: Мир, 1977.
4. А.И. Каплуновский, Г.М. Зислин – *Основы плазменной электроники* – Москва: Энергия, 1981.
5. Бекназаров Ш.К. – *Umumiy fizika kursi. II qism: Elektr va magnetizm* – Toshkent: O'zbekiston Milliy Universiteti, 2010.
6. А.А. Андреев, А.А. Гликман – *Физика газового разряда* – Москва: Физматлит, 2004.
7. Т. Исмоилов, Қ. Арипов – *Fizika (umumiy kurs)* – Toshkent: O'qituvchi, 2005.