

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія природничих дисциплін

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

**з навчальної дисципліни «Фізика»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського)
рівня вищої освіти
Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів**

за темою - Електричний струм у вакуумі

Харків 2022

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2022 № 8

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
ХНУВС
Протокол від 22.08.2022 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2022 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії природничих дисциплін, протокол
від 10.08.2022 № 1

Розробник: викладач циклової комісії природничих дисциплін, спеціаліст
першої категорії, Москалик В.М.

Рецензенти:

1. Завідувач відділення фахової підготовки навчального відділу КЛК ХНУВС,
к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Владов С.І.
2. Доцент кафедри автомобілів і тракторів Кременчуцького національного
університету імені Михайла Остроградського, к.т.н., доцент Черниш А.А.

План лекції

1. Поняття про плазму
2. Вакуум

Рекомендована література:

Основна

1. Дмитрієва В. Ф. Фізика : навчальний посібник / В. Ф. Дмитрієва. – К.: Техніка, 2008. – 608 с.

Додаткова

1. Курс фізики : навчальний посібник / [Зачек І. Р., Кравчук І. М., Романишин Б. М., Габа В. М., Гончар Ф. М.]. – Львів : Видавництво «Бескид Біт», 2002. – 376 с.
2. Волков О. Ф. Курс фізики ; у 2-х т. – Т.1: Фізичні основи механіки. Молекулярна фізика і термодинаміка. Електростатика. Постійний струм. Електромагнетизм : навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / О. Ф. Волков, Т. П. Лумпієва. – Донецьк : ДонНТУ, 2009. – 224 с.
3. Волков О. Ф. Курс фізики ; у 2-х т. – Т.2: Коливання і хвилі. Хвильова і квантова оптика. Елементи квантової механіки. Основи фізики твердого тіла. Елементи фізики атомного ядра : навчальний посібник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / О. Ф. Волков, Т. П. Лумпієва. – Донецьк: ДонНТУ, 2009. – 208 с.
4. Збірник задач з фізики : навчальний посібник / [Лопатинський І. Є., Зачек І. Р., Середа В. М., Крушельницька Т. Д., Українець Н. А.]. – Львів : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2003. – 124с.

Текст лекції

1. Поняття про плазму

Під плазмою розуміють дуже іонізований газ, в якому концентрація електронів приблизно дорівнює концентрації позитивних іонів.

Чим вище температура газу, тим більше іонів і електронів у плазмі, тим менше залишається в ній нейтральних молекул. Таку плазму називають електроно – іонною.

Оскільки в плазмі концентрація електронів дорівнює концентрації іонів, в цілому її можна вважати електрично нейтральною, а об'ємний заряд у ній таким, що дорівнює нулю.

Властивості плазми

Плазма має ряд специфічних властивостей які відрізняють її від нейтральних газів. Ці відмінності дають можливість розглядати плазму як особливий, *четвертий стан речовини*.

- *Взаємодія частинок плазми між собою характеризується кулонівськими силами притягання і відштовхування.*
- *Частинки плазми, особливо електрони, легко переміщуються під дією електричного поля. Електричні і магнітні поля діють на плазму, внаслідок чого в ній утворюються об'ємні заряди і струми.*
- *за характером електропровідності плазма наближається до металів, тобто має дуже добру електропровідність. На відміну від металів провідність плазми зростає з підвищенням температури.*

Для свого існування плазма потребує безперервного підведення енергії ззовні.

Практичне застосування плазми

Газорозрядну плазму використовують у лазерах – квантових джерелах світла. Плазмотрони (плазмові генератори) широко застосовують у різних галузях техніки. За їх допомогою ріжуть і зварюють метали, наносять покриття,

Плазма – найбільш поширений у Всесвіті стан речовини.

Усі зорі, у тому числі й Сонце, зоряні атмосфери, галактичні туманності і міжзоряне середовище – це четвертий стан речовини - плазма. З плазми складаються не тільки зорі, наша Земля оточена плазмовою оболонкою-іоносферою, за межами якої є радіаційні пояси, що оперізують Землю, в яких також є плазма. Процесами в навколо земній плазмі зумовлені магнітні бурі та полярні сяйва. Відбивання радіохвиль від іоносферної плазми забезпечує можливість далекого радіозв'язку на Землі.

Електричний струм у вакуумі

Вакуум — це стан газу, за якого тиск менший від атмосферного.

Розрізняють низький, середній і високий вакуум.

Для створення високого вакууму необхідне розрідження, за якого в газі, що залишився, середня довжина вільного пробігу молекул більша за розміри посудини або відстані між електродами в посудині. Отже, якщо в посудині створений вакуум, то молекули в ньому майже не зіштовхуються між собою й пролітають вільно міжелектродний простір. При цьому вони зазнають зіткнення лише з електродами або зі стінками посудини.

Щоб у вакуумі існував струм, необхідно помістити у вакуум джерело вільних електронів. Найбільша концентрація вільних електронів у металах. Але за кімнатної температури вони не можуть покинути метал, тому що їх у ньому утримують сили кулонівського притягання до позитивних іонів. Для подолання цих сил електрону, щоб покинути поверхню металу, необхідно затратити певну енергію, яку називають роботою виходу.

Якщо кінетична енергія електрона перевищуватиме або дорівнюватиме роботі виходу, то він покине поверхню металу й стане вільним.

$$\frac{m_e v^2}{2} \geq A_{\text{вих}}.$$

Процес випускання електронів з поверхні металу називають емісією. Залежно від того, як була передана електронам необхідна енергія, розрізняють кілька видів емісії. Один з них — термоелектронна емісія.

- ***Випускання електронів нагрітими тілами називають термоелектронною емісією.***

Явище термоелектронної емісії призводить до того, що нагрітий металевий електрод безупинно випускає електрони. Електрони утворюють навколо електрода електронну хмару. Електрод при цьому заряджається позитивно, і під впливом електричного поля зарядженої хмари електрони із хмари частково повертаються на електрод.

Термоелектронна емісія

Є кілька способів надання електронам додаткової енергії, потрібної для видалення їх з металу: нагрівання, опромінення видимим або ультрафіолетовим світлом, дія потужного зовнішнього поля, бомбардування металів частинками. Дія цих факторів може спричинювати явище електронної емісії.

Термоелектронною емісією називають явище випромінювання електронів нагрітими металами. Електрони, які випромінюють нагріті метали, називають термоелектронами. У процесі нагрівання металу швидкість теплового руху вільних електронів зростає пропорційно T . При такій високій температурі розжарення швидкість окремих електронів настільки збільшується, що вони вилітають за межі металу.

У рівноважному стані число електронів, що покинули електрод за секунду, дорівнює числу електронів, які повернулися на електрод за цей час.

1. Електричний струм у вакуумі

Для існування струму необхідне виконання двох умов: наявність вільних заряджених частинок і електричного поля. Для створення цих умов у балон поміщають два електроди (катод і анод) і викачують з балона повітря. Внаслідок нагрівання катода з нього вилітають електрони. На катод подають негативний потенціал, на анод — позитивний.

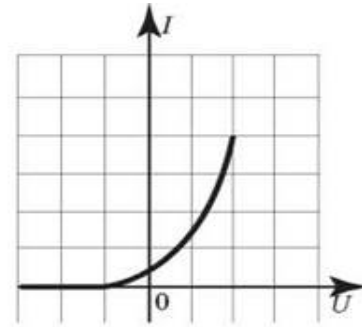
Електричний струм у вакуумі являє собою напрямлений рух електронів, отриманих у результаті термоелектронної емісії.

2. Вакуумний діод

Сучасний вакуумний діод складається зі скляного або металокерамічного балона, з якого відкачано повітря до тиску 10^{-7} мм рт. ст. У балон упаяні два електроди, один із яких — катод — має вигляд вертикального металевого циліндра, виготовленого з вольфраму й покритого зазвичай шаром оксидів лужноземельних металів.

Усередині катода розташований ізольований провідник, що його нагріває змінний струм. Нагрітий катод випускає електрони, що досягають анода. Анод лампи являє собою круглий або овальний циліндр, що має загальну вісь із катодом.

Однобічна провідність вакуумного діода обумовлена тим, що внаслідок нагрівання електрони вилітають із гарячого катода й рухаються до холодного анода. Електрони можуть рухатися через діод тільки від катода до анода (тобто електричний струм може протікати тільки у зворотному напрямку: від анода до катода).



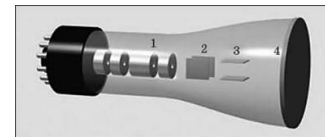
На рисунку відтворено вольт-амперну характеристику вакуумного діода (негативне значення напруги відповідає випадку, коли потенціал катода вищий від потенціалу анода, тобто електричне поле «намагається» повернути електрони назад на катод).

Вакуумні діоди використовують для випрямлення змінного струму. Якщо помістити між катодом і анодом ще один електрод (сітку), то навіть незначна зміна напруги між сіткою й катодом істотно впливатиме на анодний струм. Така електронна лампа (тріод) дозволяє підсилювати слабкі електричні сигнали. Тому певний час ці лампи були основними елементами електронних пристроїв.

Електронно-променева трубка

Електричний струм у вакуумі застосовували в електронно-променевій трубці (ЕПТ), без якої тривалий час не можна було уявити телевізор або осцилограф.

На рисунку спрощено показано конструкцію ЕПТ.



Електронна «гармата» у горловині трубки — катод, що випускає інтенсивний пучок електронів. Спеціальна система циліндрів з отворами (1) фокусує цей пучок, робить його вузьким. Коли електрони потрапляють на екран (4), він починає світитися. Керувати потоком електронів можна за допомогою вертикальних (2) або горизонтальних (3) пластин.

Електронам у вакуумі можна передати значну енергію. Електронні пучки можна застосовувати навіть для плавлення металів у вакуумі.