

§ 22. ВИДИ САМОСТІЙНИХ ГАЗОВИХ РОЗРЯДІВ



Яскраві (а іноді й небезпечні) явища: блискавка, полярне сяйво, моторошні для необізнаної людини «вогні святого Ельма», різнобарвне світіння газових трубок, сліпуче світло під час зварювання металу — усе це приклади різних самостійних газових розрядів. Від чого залежить і як виникає той чи інший електричний розряд у газах, ви дізнаєтеся з цього параграфу.



Знайомимося з іскровим газовим розрядом

Іскорки, які виникають, коли ви знімаєте синтетичний светр; блискавка, що з'являється під час грози; іскра, що виникає між зарядженими кондукторами електрофорної машини (рис. 22.1), — усе це приклади *іскрового розряду*.

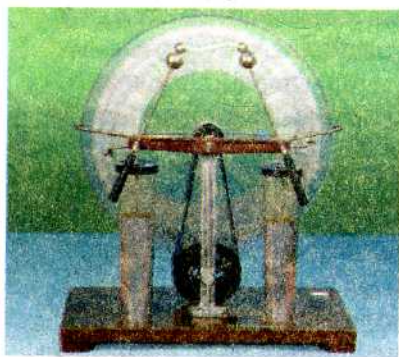


Рис. 22.1. Іскровий розряд між зарядженими кондукторами електрофорної машини



Рис. 22.2. Зовнішній вигляд іскрового розряду



Рис. 22.3. Електрична напруга між електродами свічки запалювання становить 12–15 тис. вольтів

Іскровий розряд має вигляд яскравих зигзагоподібних смужок, що розгалужуються (рис. 22.2). Він триває всього кілька десятків мікросекунд і зазвичай супроводжується певними звуковими ефектами (потріскування, тріск, грім тощо). Річ у тім, що температура газу, а отже, й тиск у *каналі розряду* різко підвищуються, в результаті повітря швидко розширюється і виникають звукові хвилі.

У техніці іскровий розряд використовують, наприклад, у свічках запалювання бензинових двигунів (рис. 22.3), для оброблення поверхні особливо міцних металів.

Прикладом грандіозного іскрового розряду в природі є блискавка.

У результаті наукових досліджень було встановлено, що під час грози відбувається перерозподіл зарядів у грозовій хмарі, у результаті різні частини хмари заряджаються зарядами протилежних знаків. Напруга між двома хмарами, зверненими одна до одної різнойменно зарядженими частинами, та напруга між хмарию і Землею сягають кількох сотень мільйонів вольтів. Від ударної йонізації та йонізації випромінюванням, яке супроводжує розряд, в електричному полі між хмарами з'являються лавини вільних йонів та електронів, тобто виникає короткочасний самостійний газовий розряд — блискавка. Сила струму в каналі блискавки сягає сотень тисяч амперів.

Електричні властивості блискавки першими почали вивчати незалежно один від

одного російський учений *М. В. Ломоносов* (рис. 22.4) і американський дослідник *Б. Франклін* (рис. 22.5).

2 Бережемося від удару блискавки

Підраховано, що в атмосфері земної кулі щосекунди проскакує близько 100 блискавок, а кожна двадцята з них ударає в землю, завдаючи чималої шкоди. Удар блискавки може викликати лісові пожежі, вивести з ладу лінії електропередач і навіть призвести до загибелі людей.

Щоб не стати жертвою удару блискавки, слід пам'ятати, що блискавка частіше вдаряє у відносно високі предмети, тому слід дотримуватися таких правил.

- Опинившись під час грози у полі, не можна бігти ним, — навпаки, потрібно лягти, щоб не підноситися над місцевістю.
- Під час грози у лісі не можна ховатися під високими деревами, а в полі — під поодиноким деревом, копицею сіна тощо, навіть якщо вони здаються дуже надійними прихистками.
- Під час грози не можна купатись у відкритих водоймах, а перебуваючи високо в горах, краще ховатися в печері або під глибоким уступом.
- Під час грози не можна запускати повітряного змія: мокра мотузка стає провідником електрики й блискавка може вдарити в змія. При цьому заряди пройдуть через руку й тіло людини в землю. До речі, саме так під час експерименту загинув друг і колега *М. В. Ломоносова* російський учений *Г. Ріхман* (рис. 22.6).

3 Знайомимося з коронним газовим розрядом

Перед грозою або під час грози біля гострих виступів предметів іноді можна спостерігати слабе фіолетове світіння у вигляді корони, що охоплює вістря. Дослідження показують, що причиною цього явища є самостійний газовий розряд. Описаний вид газового розряду називають **коронним** (рис. 22.7). З'ясуємо, чому і як він виникає.

На поверхні Землі під дією електричного поля грозової хмари накопичуються (індукуються) заряди, за знаком протилежні заряду хмари. Особливо щільно такі заряди розташовані на гострих частинах предметів (див. рис. 22.7, 22.8). У результаті електричне поле біля вістря виявляється настільки сильним, що



Рис. 22.4. Михайло Васильович Ломоносов (1711–1765) — видатний російський учений; один із засновників фізичної хімії; поет, художник, історик



Рис. 22.5. Бенджамін Франклін (1706–1790) — американський учений, видатний державний діяч. Один із перших дослідників атмосферної електрики, запропонував блискавковідвід



Рис. 22.6. Трагічна загибель Георга Вільгельма Ріхмана 6 серпня 1753 р. (гравюра)



Рис. 22.7. «Вогні святого Ельма» — коронний розряд біля гострих кінців корабельних щогл — багато століть викликали жах мореплавців, які не могли пояснити їхню справжню природу

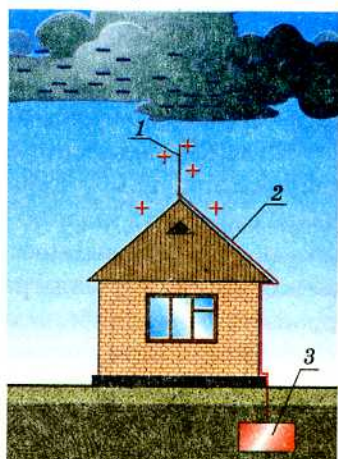


Рис. 22.8. Блискавковідвід (гromовідвід): 1 — загострений металевий стрижень; 2 — провідник — товстий з'єднувальний провід; 3 — металевий предмет, закопаний глибоко у землю

заряд стікає із загостреного предмета, йонізуючи довколишнє повітря. Оскільки поле є досить сильним тільки навколо вістря, то коронні розряди спостерігаються лише біля гострих частин предметів.

На виникненні коронного розряду ґрунтується дія *блискавковідводу*. Блискавковідвід являє собою загострений металевий стрижень, з'єднаний товстим провідником із металевим предметом (див. [рис. 22.8](#)). Стрижень установлюють вище за найвищу точку будинку, який захищають, а металевий предмет закопують глибоко в землю (на рівні ґрунтових вод). Під час грози на кінці блискавковідводу виникає коронний розряд. У результаті заряд не накопичується на будинку, а стікає з вістря блискавковідводу.

4

Спостерігаємо дуговий газовий розряд

У 1802 р. російський фізик *Василь Володимирович Петров* (1761–1834) провів такий дослід. Він приєднав два вугільні електроди до полюсів великої електричної батареї, з'єднав електроди один з одним, а потім трохи розсунув. Між кінчиками електродів учений спостерігав яскраве дугоподібне полум'я, а самі кінчики розжарювалися, випромінюючи сліпуче біле світло. Так був отриманий ще один вид самостійного газового розряду — *дуговий газовий розряд (електрична дуга)* ([рис. 22.9](#)). З'ясуємо причину виникнення цього явища.

Коли електроди з'єднані, електричне коло є замкненим і по ньому йде досить сильний електричний струм. У місці з'єднання опір кола найбільший, отже, саме тут, відповідно до закону Джоуля—

Ленца, виділяється найбільша кількість теплоти. Кінці електродів розжарюються до $3000\text{--}4000^\circ\text{C}$, і з поверхні катода починають «випаровуватись» електрони.

Тому, навіть якщо електроди розвести, в проміжку між ними буде достатня кількість вільних заряджених частинок (вільні електрони, що «випарувалися» з катода, а також вільні електрони та йони, що з'явилися внаслідок йонізації газу через високу температуру). У результаті через проміжок між електродами проходить струм — виникає самостійний газовий розряд. Надалі висока температура катода й анода підтримується бомбардуванням електродів позитивними і негативними йонами та електронами, прискореними електричним полем.

Висока температура йонізованого газу у випадку дугового розряду, а також випромінювання світла, що супроводжує такий розряд, забезпечили широке застосування електричної дуги в науці, техніці, промисловості. Електрична дуга «працює» як потужне джерело світла в прожекторах. У металургії широко застосовують електропечі, в яких використовують дуговий розряд; жаром електричної дуги зварюють метали тощо (рис. 22.10).

5 З'ясовуємо умови виникнення тліючого газового розряду

За низького тиску, що становить десятки й соті частки міліметра ртутного стовпа, можна спостерігати світіння розрідженого газу — **тліючий розряд**. За такого низького тиску відстань між молекулами достатня для того, щоб навіть у слабкому електричному полі електрон устиг набути досить великої швидкості, а отже, набути енергії, достатньої для ударної йонізації.

Тліючий розряд використовують у рекламних трубках, лампах денного світла (люмінесцентних трубках), у квантових джерелах світла — газових лазерах.

Останнім часом поширені телевізори з плазмовими екранами (екранами, функціонування яких ґрунтується на електричному розряді в газах). Пікселі на плазмовій панелі працюють подібно до люмінесцентних трубок.

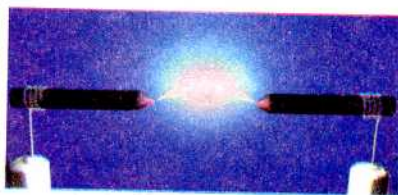


Рис. 22.9. Дуговий газовий розряд

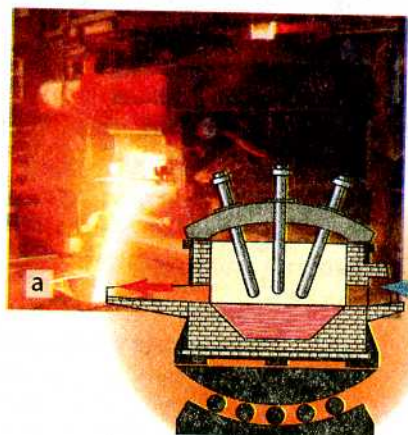


Рис. 22.10. Застосування дугового газового розряду для плавлення (а) та зварювання (б) металів

! Підбиваємо підсумки

Залежно від тиску й температури газу, способів його йонізації, напруги та характеру світіння, що супроводжує газовий розряд, розрізняють чотири основні типи самостійних газових розрядів.

За атмосферного тиску й великої напруги між електродами виникає іскровий газовий розряд, який являє собою яскраві зигзагоподібні смужки, що розгалужуються. Прикладом гігантського іскрового розряду є блискавка. Удар блискавки може спричинити смерть, тому під час грози необхідно суворо дотримуватися правил безпеки.

Самостійний газовий розряд, що утворюється в сильному електричному полі біля гострих виступів предметів, називають коронним газовим розрядом.

За високої температури між електродами, розведеними на невелику відстань, виникає газовий розряд, що супроводжується дуже яскравим світінням у формі дуги, — дуговий газовий розряд.

За низького тиску (десяті й соті частки міліметра ртутного стовпа) можна спостерігати світіння розрідженого газу внаслідок тліючого розряду.

? Контрольні запитання

1. Перелічіть основні види самостійних газових розрядів.
2. Наведіть приклади іскрового газового розряду. За яких умов він виникає?
3. Що таке блискавка? Коли й чому вона виникає?
4. Назвіть основні правила безпеки, яких потрібно дотримуватися під час грози.
5. Що являє собою коронний розряд?
6. Які особливості дугового розряду забезпечили його широке застосування?
7. Де застосовують електричну дугу?
8. За яких умов виникає тліючий розряд? Де його використовують?



ФІЗИКА ТА ТЕХНІКА В УКРАЇНІ

Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України (Київ)

Практично кожного дня ми стикаємося з явищем дугового розряду або його наслідками. Це і маленькі «сонця», які палають у руках робітників на будмайданчиках, і звичайні петлі, приварені до дверей у вашій оселі. Саме завдяки зварюванню фізичне явище «дуговий розряд»

набуло такого поширення. Безперечний світовий авторитет України в цій галузі забезпечили роботи вчених Інституту електрозварювання ім. Є. О. Патона.

У багатьох місцях пострадянських країн розташовані монументи з танком Т-34 — кращим танком Другої світової війни. Таке визнання танк отримав багато в чому завдяки новітній на той час технології зварювання броні, яку розробив засновник та перший директор інституту академік *Євген Оскарович Патон*.

На фото — відомий суцільнозварний міст Патона у Києві. Цей міст Американське зварювальне товариство визнало видатною зварною конструкцією XX ст.

Президент НАНУ академік *Борис Євгенович Патон*, який зараз очолює інститут, гідно продовжив справу свого батька. Під його керівництвом розроблені не тільки «звичайні» засоби зварювання для промисловості — новітні технології застосовуються в космосі й навіть для зварювання живих тканин.