

## ПЛАЗМА НА ЗЕМЛІ ТА В КОСМОСІ

**Олексій Бродзь** - учень 10 класу НВК №23, гуртківець ОЦТТУМ

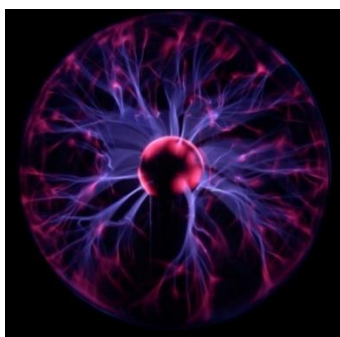
*У роботі розглянуто прояви плазми на Землі та в космосі. Наведено приклади її використання у різних сферах. Окреслено подальші можливості застосування. Проаналізовано результати сучасних досліджень плазми та наголошено на їх актуальності.*

**Ключові слова:** плазма, плазмосфера, фізика плазми, Всесвіт, медицина, техніка, сучасні дослідження.



### Відкриття плазми та її значення для Всесвіту

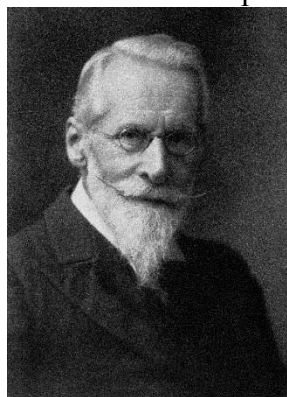
В наш час плазма активно вивчається, оскільки має величезне значення для науки і техніки. Ця тема цікава й актуальна ще й тим, що плазма – четвертий стан речовини, про існування якого люди не підозрювали до ХХ століття. При дуже низьких температурах речовина знаходиться у твердому стані, при нагріванні переходить в рідкий стан, подальше підвищення температури призводить до перетворення рідини в газ. При досить великих температурах починається іонізація газу і речовина переходить у новий стан – плазму.



Плазма (від грец. Πλάσμα «виліплене, оформлене») – іонізований газ, один з 4-х класичних агрегатних станів речовини.

Рис. 1. Плазмова лампа

Плазма – нормальна форма існування речовини при температурах 10 тис. градусів і вище. Це найбільш поширений стан речовини в природних умовах. Сонце і зірки – це згустки високотемпературної плазми.



У 1879 році четвертий стан речовини був відкритий Вільямом Круксом (1832–1919). Англійський хімік та фізик, він увійшов в історію також як людина, що відкрила таллій і вперше отримала гелій у лабораторних умовах.

Рис. 2. Вільям Крукс

Назву «плазма» в 1928 році ввів у науковий обіг Ірвінг Ленгмюр (1881–1957) – американський хімік, лауреат Нобелівської премії з хімії в 1932 році «за відкриття і дослідження в області хімії поверхневих явищ» [1].

Рис. 3. Ірвінг Ленгмюр

Властивості плазми вивчає фізика плазми – розділ фізики, що досліджує властивості та поведінку плазми, зокрема, в магнітних полях. Оскільки мова йде про макроскопічну поведінку частково або повністю іонізованого суцільного середовища.

Основні напрями дослідження: стійкість плазми в зовнішніх полях; хвилі в плазмі; електричні, магнітні та оптичні властивості; дифузія; динаміка плазми з магнітним полем; плазма в космосі; утримання плазми в магнітних пастках; керований термоядерний синтез.



В Україні фізикою плазми займаються зокрема на кафедрі квантової теорії поля Київського національного університету ім. Т. Г. Шевченка [2].

Всі зірки складаються з плазми, навіть простір між ними заповнений плазмою, хоча і дуже розріджений.

Плазма зазвичай поділяється на ідеальну і неідеальну, низькотемпературну і високотемпературну, рівноважну і нерівноважну [3].

Основною відмінністю плазми від газу є те, що суттєвою складовою частиною плазми, поряд із атомами, іонами та електронами, є електромагнітне поле [4].

#### Плазма в земній природі

Плазму можна спостерігати у природних умовах. Пояснення деяких природних явищ, яким раніше приписувалися містичні властивості, дала сучасна фізика. Плазма, що утворюється і світиться на кінцях високих і гострих предметів (щоглах, вежах, величезних деревах) при особливому стані атмосфери, століття тому приймалася моряками за вісник удачі.

Данне явище отримало назву «Вогні святого Ельма» [5].

Рис. 4. «Вогні святого Ельма»



Ще одним з природних проявів плазми на Землі є блискавка – електричний розряд між хмарами або між хмарою та землею. У процесі утворення опадів у хмарі відбувається електризація крапель або льодяних частинок. Внаслідок сильних висхідних потоків повітря в хмарі утворюються відокремлені області, заряджені різнойменними зарядами. Коли напруженість електричного



Рис. 5. Кульова блискавка

поля у хмарі або між нижньою зарядженою областю і землею досягає пробійного значення, виникає блискавка, у якій при температурі 10 тис. градусів утворюється плазма.

Полум'я, іонізуючи повітря, також утворює плазму. Температура звичайного полум'я становить 14 726,85 °С, при ній іонізуються не всі атоми, деякі – лише частково, тому утворювана ним плазма є низькотемпературною.

Після запуску орбітальних станцій їх прилади почали реєструвати потужні електричні розряди в верхніх шарах атмосфери, де вони утворюються навіть за відсутності грозових хмар, котрі характерні для лінійних блискавок.



Серед цих явищ розрізняють: спрайти, джети та ельфи. Це «холодні» розряди, що характерні для світіння холодної плазми, однак вони найчастіше супроводжують низький грозовий фронт [6].

Рис. 6. Іоносфера

Плазма іоносфери є земною, однак її існування спричинило Сонце. Іоносфера є сукупністю іонізованих шарів земної

атмосфери, що починається з висот близько 60 км і простягається до висот у 8–10 тис. км і вище.

### Плазма в космосі

Приблизно 99 % речовини у галактиці, включно з усіма зорями, міжзоряне і міжпланетне середовище та верхні шари планетних атмосфер, перебувають у стані плазми. Плазмову природу мають процеси переходів енергії з одних станів в інші, що складають суть активних процесів на зірках і навколишніх планетах.

У надрах Сонця та зірок температура сягає сотень мільйонів градусів, при цьому атоми іонізують повністю, утворюючи високотемпературну електронейтральну плазму.

Як відомо, на Сонці виникають могутні циклічно повторювані прояви активності, що досягають максимуму кожні 11 років. Спостереження по програмі Міжнародного геофізичного року (МГР) збіглися з періодом найбільш високої сонячної активності за весь термін систематичних метеорологічних спостережень, тобто з початку 18 століття.

Під час спалаху на Сонці викидається сонячна плазма, моменти таких спалахів впливають на атмосферу Землі. Перша реакція відзначається через 8 хвилин після спалаху, коли інтенсивне ультрафіолетове і рентгенівське випромінювання досягає Землі. У результаті різко підвищується іонізація; рентгенівські промені проникають в атмосферу до нижньої границі іоносфери; кількість електронів у цих шарах зростає настільки, що радіосигнали майже цілком поглинаються («гаснуть»).

Рис. 7. Сонячна корона



Додаткове поглинання радіації викликає нагрівання газу, що сприяє розвитку вітрів.

Іонізований газ є електричним провідником, і коли він рухається в магнітному полі Землі, виявляється ефект динамо-машини і виникає електричний струм. Такі струми можуть у свою чергу викликати помітні збурювання магнітного поля і виявлятися у вигляді магнітних бур [7].

Над поверхнею Сонця знаходиться розряджена та розпечена до температури близько 1 млн градусів Цельсія сонячна корона, а стаціонарний потік ядер атомів водню



(протонів) від сонячної корони є сонячним вітром. Потіки плазми з поверхні Сонця створюють міжпланетну плазму. Електрони цієї плазми захоплюються магнітним полем Землі і утворюють навколо неї (на відстані в кілька тисяч кілометрів від її поверхні) радіаційні пояси, що викликають у приполярних широтах Полярне сяйво [8].

У розряджених туманностях і міжзоряному газі іонізація виникає під дією ультрафіолетового випромінювання зірок. Наприклад, як тут:

Рис. 8. Туманність «Котяче око»

5 листопада 2018 року апарат «Вояджер-2» перетнув кордон Сонячної системи і вийшов у міжзоряний простір на відстані 0,002 світлових років від Сонця. Устаткування космічного апарату зафіксувало збільшення щільності плазми після виходу за межі Сонячної системи, що свідчить про наявність не гарячої плазми, а холодної, яка відрізняється більшою щільністю і властива для міжзоряного середовища [9].

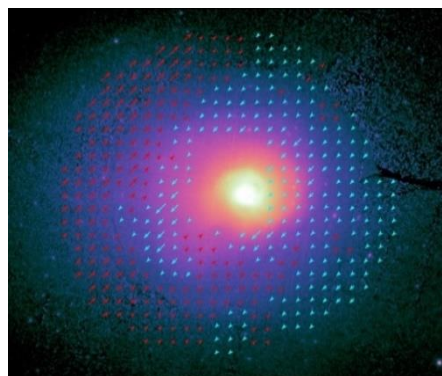
Астрофізики з Інституту Макса Планка (Німеччина), спостерігаючи два сусідні скупчення галактик Персей і Кома, зафіксувати рух їх плазми. Вчені вважають, що в Персеї він був викликаний меншими підгрупами галактик, які стикаються з більшими скупченнями. В результаті виділяється енергія, здатна зруйнувати гравітаційне поле Персея і створюється нестійкий рух, який, за прогнозами дослідників, триватиме мільйони років.

Рис.9. Рух плазми у галактичних скупченнях

Результати дослідження були опубліковані в журналі *Astronomy & Astrophysics* 10 січня 2020 року.

Ці відкриття стали можливими завдяки новій методиці калібрування в європейській камері фотонної візуалізації найбільшого наукового супутника створеного в Європі – ХММ-Newton (EPIC) (запущеного у космос в 1999 р.) [10].

Наразі блискавки спостерігались на Венері, Юпітері, Сатурні, Урані і Нептуні. На Землі у тропіках блискавки б'ють значно частіше [2].



### Використання плазми в техніці

Не обов'язково нагрівати речовину до фантастичних температур, щоб досягти стану плазми. Для іонізації досить використовувати силу електромагнітного поля.

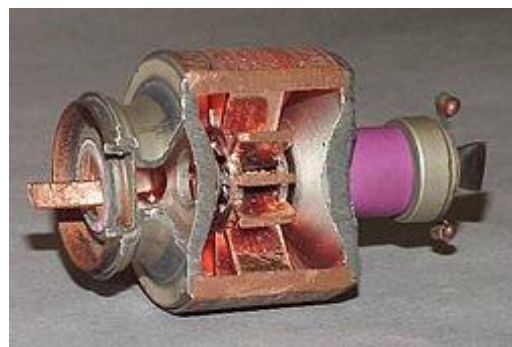
Рис. 10. Вироби, виготовлені за допомогою плазмової різки металу.

Подібна холодна плазма називається нерівноважною. Вона використовується в неонових лампах, а також при очищенні води і продуктів харчування, застосовується для дезінфекції в медичних цілях. До того ж холодна плазма здатна сприяти прискоренню хімічних реакцій.

Яскравим та знайомим прикладом того, як штучно створена плазма застосовується на благо людства, є виготовлення плазмових моніторів. Осередки такого екрану наділені здатністю випромінювати світло. Панель являє собою «бутерброд» з скляних листів, близько розташованих один до одного, а між ними - коробочки з сумішшю інертних газів. На внутрішню поверхню осередків наносяться люмінофори синього, зеленого, червоного кольорів [5].

У вжитку широко використовуються плазмові пальники для зварювання та різання металів; плазмові бури для буріння, різання бетону; плазмові печі; запальнички, тощо.

### Магнітогідродинамічні (МГД) генератори



Принцип їх дії полягає у проходженні плазми через магнітне поле. Використовуються, зокрема, у роботі АЕС.

Речовина, яка бере участь у термоядерній реакції, є практично повністю іонізованою плазмою [11].

Рис. 11. Магнетрон у розрізі

NASA у 2018 році виділило \$10 млн на

фінансування компанії Ad Astra Rocket Company в Техасі для подальшого розвитку спеціальної ракетно-імпульсної магнітоплазмової ракети (VASIMR). Вона має електромагнітний двигун, який зможе доставити космічний корабель до Марсу всього за 39 днів. Ракета Ad Astra буде подорожувати в десять разів швидше, ніж сьгоднішні хімічні ракети на реактивній тязі, використовуючи приблизно 10% маси палива сьгоднішніх ракет.

Іонно-плазмовий двигун вдсятеро менший, ніж звичайний рідинний ракетний двигун й при цьому спроможний працювати у відкритому космосі десятиліттями.

Українські компанії з аеро-космічного кластеру планують запусити виробництво таких двигунів протягом найближчих кількох років [12].

### Плазма в медицині

Плазмова медицина є доволі новою галуззю і базується на біофізичних та біохімічних механізмах взаємодії холодної плазми та живої матерії. Вона має широкий діапазон лікувальних властивостей.

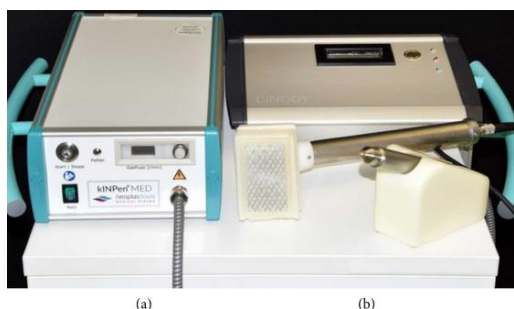
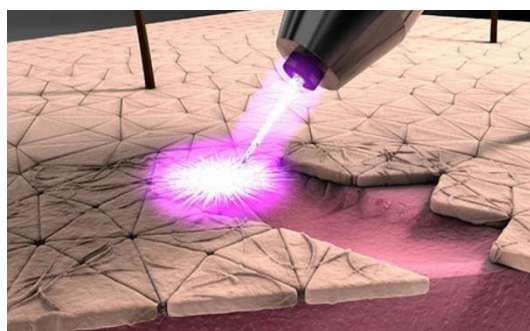


Рис. 12. Приклад двох генераторів холодної плазми

В організмі людини, оксид азоту (NO) виконує регуляторну біологічну функцію в серцево-судинній, дихальній, травній та нервовій системах, а також важливу роль в боротьбі з інфекціями в ранах. Основним джерелом екзогенного оксиду азоту є газовий розряд. Технологія плазмової терапії полягає в тому, що потік екзогенного оксиду азоту нормалізує мікроциркуляцію, активує антиоксидантний захист, має антибактеріальний ефект, що в значній мірі пригнічує процес розвитку інфекції і запалення, а також стимулює процеси регенерації тканин.

### Переваги використання потоку холодної атмосферної плазми в медицині:

- здатність зупинити кровотечу, в тому числі великої площі, криволінійної поверхні рани або рани з ускладненим доступом до неї;



- яскраво виражена бактерицидна дія;
- низький рівень проникнення при впливі на біологічні тканини;
- відсутність термального ураження тканин;
- простота використання.

Рис. 13. Плазмовий промінь сприяє швидшому загоєнню рани та її дезінфекції

В застосуванні холодної плазми в медицині слід особливо відзначити: загальну хірургію, онкологію, травматологію та ортопедію, військово-польову хірургію, гастроентерологію, стоматологію, дерматологію.

На ринках України подібна продукція представлена мало внаслідок погані обізнаності лікарів з цією технологією. В середньому плазмовий апарат вартує від €3000 [13, 14].

### Сучасні дослідження плазми

Оскільки, більша частина речовини у Всесвіті перебуває у стані плазми, вона має широке практичне застосування: керований термоядерний синтез, МГД-генератори,

плазмові двигуни, газові розряди і т. д., то плазма повсякчас досліджується вченими з таких галузей науки як астрофізика, фізика Сонця, фізика сонячно-земних зв'язків, геофізика, плазмохімія тощо.

Зусилля вчених з різних країн спрямовані на дослідження іоносфери. Властивості іоносфери регулярно досліджуються на великій мережі станцій по всій земній кулі. Спостерігають та аналізують особливості відбиття радіохвиль різної частоти від різних іоносферних шарів. Розподіл електронної концентрації в іоносфері визначається також за допомогою ракет і супутників.

Охолодивши нейтральну плазму, вчені отримали нові можливості у дослідженні природи плазми в екстремальних середовищах, таких як зірки класу «білий карлик» чи ядро Юпітера. Втім, зараз команда вчених намагається добути навіть ще холоднішу плазму [15].

### **Дослідження у галузі плазмохімії**

Важливу роль у дослідженні плазми у космосі нині відіграють супутники, телескопи, робота космонавтів на МКС.

Експерименти з плазмою у космосі в умовах невагомості довели, що плазма не є рідкою, а має кристалічну решітку. Вихровий рух кристалів у плазмі в умовах невагомості повторює будову нашої галактики. Якщо на плазму діяти креогенно, тобто охолоджувати її, утворюється точна копія будови ДНК [16].

### **Роль відкриття і дослідження плазми та її значення для людства.**

У стані плазми знаходиться переважна частина речовини Всесвіту: зірки, галактичні туманності, міжзоряне середовище.

Довгий шлях вів людину до пізнання плазми, до її використання в різних галузях техніки. Коли ж наука і техніка включили плазму в сферу своєї уваги, зростання знань про неї та її практичне застосування збільшилось в рази.

Нині людство уже чимало знає про плазму та можливості її застосування. Плазма володіє дуже цікавими властивостями, які знаходять все більш широке застосування в розробках, присвячених великим проблемам сучасної техніки, особливо важливим є її застосування у медицині.

Плазма – субстанція з великим потенціалом, що потребує подальшого вивчення для досягнення тих цілей, які можуть бути реалізованими з її допомогою.

Ця, досить рідкісна в земних природних умовах форма матерії, наділена особливими якостями, є ще маловивченим об'єктом не тільки у фізиці, але і в хімії (плазмохімії), астрономії і багатьох інших науках. Тому, найважливіші технічні положення фізики плазми до цих пір не вийшли зі стадії лабораторної розробки [6].

Мене настільки зацікавили та здивували дані, отримані у процесі дослідження плазми та можливостей її використання, що я обов'язково й надалі буду вивчати та аналізувати дослідження вчених в цій царині науки.

### **Список використаних джерел:**

1. Перспективи використання плазми в прогресивних технологіях. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://uareferat.com/Перспективи\\_використання\\_плазми\\_в\\_прогресивних\\_технологіях](http://uareferat.com/Перспективи_використання_плазми_в_прогресивних_технологіях).
2. Фізика плазми. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Фізика\\_плазми](https://uk.wikipedia.org/wiki/Фізика_плазми).
3. Плазма (агрегатний стан). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://wikiinfo.mdpu.org.ua/index.php?title=Плазма\\_\(агрегатний\\_стан\)](http://wikiinfo.mdpu.org.ua/index.php?title=Плазма_(агрегатний_стан)).
4. Плазма. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Плазма>.
5. Плазма (агрегатний стан). Штучно створена і природна плазма [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://jur-academy.kharkov.ua/news/6865/>.
6. І. О. Анісімов. Фізика плазми. Конспект лекцій. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://phys-el.univ.kiev.ua/resources/PlasmaPhys.pdf>.

7. Іоносфера. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://old.geology.lnu.edu.ua/phis\\_geo/fourman/E-books](http://old.geology.lnu.edu.ua/phis_geo/fourman/E-books).
8. Іоносфера Землі. Исследование слоев ионосферы [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://otmorozkov.net/ionosfera-zemli-issledovanie-sloev-ionosfery-286/>.
9. «Вояджер-2» вийшов за межі Сонячної системи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://tsn.ua/ru/nauka\\_it/voyadzher-2-vyshel-za-predely-solnechnoy-sistemy-i-popal-v-mezhzvezdnoe-prostranstvo-cho-on-tam-uvidel-1439679.html](https://tsn.ua/ru/nauka_it/voyadzher-2-vyshel-za-predely-solnechnoy-sistemy-i-popal-v-mezhzvezdnoe-prostranstvo-cho-on-tam-uvidel-1439679.html).
10. Німецькі астрофізики підтвердили вивблиски плазми навколо скоплень галактик. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://itc.ua/news/nemeczkie-astrofiziki-podverdili-vspleski-plazmy-vokrug-skoplenij-galaktik/>.
11. Магнетрони. Устройство и работа. Виды и применение. Как выбрать. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektrooborudovanie/ustrojstva/magnetrony/>.
12. В Україні вироблятимуть іонно-плазмові двигуни для космічних супутників. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://glavcom.ua/news/v-ukrajini-viroblyatimut-ionno-plazmovi-dviguni-dlya-kosmichnih-suputnikiv-536455>.
13. Використання генераторів холодної плазми у медицині. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://vtn.ztu.edu.ua/article/view/104289/99793>.
14. Холодная плазма в медицине. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://plasmamed.ru/index.php/kak-eto-rabotaet/medicinskoe-primeneni>.
15. Вчені вперше синтезували холоднішу за космос плазму. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.unian.ua/science/10399389-vcheni-vpershe-sintezuvali-holodnishu-za-kosmos-plazmu.html>.
16. Ракета «Союз-2.1а» виведе в космос корейські міні-спутники для дослідження плазми. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://3dnews.ru/994183/?future-link>.

## PLASMA ON EARTH AND IN SPACE

**Oleksiu Brozd** – student of the 10th grade of NVK №23, RCTCSY

*The article deals with the forms of plasma on Earth and in space. Examples of its use in various fields are given. Further possibilities of application are outlined. The results of modern plasma studies are analyzed and their relevance is emphasized.*

**Key words:** plasma, plasmosphere, plasma physics, Universe, Medicine, Technology, modern research.

## КОСМІЧНЕ СМІТТЯ

**Ольга Басараба** – учениця 10 кл ЗШ №16, гуртківець ОЦТТУМ

*У своїй роботі розповідаю про загрозу космічного сміття для Землі, причини та наслідки його виникнення. Про еволюцію засмічення космічного простору та методи, які допоможуть уникнути цієї гострої проблеми та покращать екологічний стан космосу.*

**Ключові слова:** космос, сміття, Земля, засмічення, людство, загроза, очищення.

Що вважають космічним сміттям? Люди навчилися опанувати космос, запускаючи супутники і ракетоносії – вони не думали про проблеми засмічення космосу і навколоземної орбіти.

Питання назрівало більше 10 років тому і актуалізується з кожним роком. Космічне сміття - космічні уламки, сміття з більш високих орбіт все це знаходиться на низькій навколоземній орбіті, на висоті від 160 км до 2 тис. км., поряд з тисячами працюючих супутників.

