

## § 28. Оксиген. Кисень і озон

### Хімічні властивості кисню та озону



#### Демонстраційний дослід

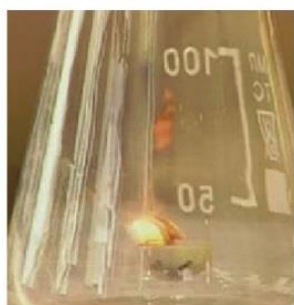
##### Взаємодія кисню з неметалами та металами

**Дослід 1.** Розжаримо в полум'ї спиртівки шматочок деревного вугілля до почервоніння та внесемо у посудину з киснем. Вугілля продовжує горіти, не утворюючи полум'я, але набагато яскравіше, ніж у повітрі (мал. *а*).

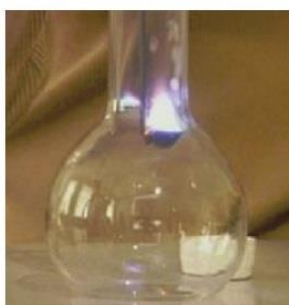
**Дослід 2.** Помістимо в сталеву ложечку для спалювання невеликий шматочок сірки й нагріваємо на спиртівці. Сірка спочатку плавиться, а потім спалахує тьмяним синім полум'ям. У разі внесення ложечки до посудини з киснем полум'я стає набагато яскравішим (мал. *б*).

**Дослід 3.** Аналогічний дослід проведемо з фосфором. Фосфор на повітрі горить активно, але без полум'я, утворюючи густі клуби білого задушливого диму. У чистому кисні фосфор згоряє сліпучо-білим полум'ям (мал. *в*).

**Дослід 4.** За звичайних умов залізо в повітрі не горить, але в атмосфері чистого кисню воно активно взаємодіє з киснем. Якщо сильно нагріти кінчик тонкого залізного дроту й занурити його в посудину з киснем, то залізо займеться, розкидаючи яскраві іскри — частинки розжареного ферум(III) оксиду (мал. *г*).



*а*



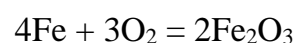
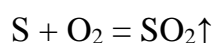
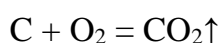
*б*



*в*



*г*



Горіння різних речовин у кисні: *а* — вугілля; *б* — сірки; *в* — фосфору; *г* — заліза

## Поширеність та біологічне значення кисню й озону



До сьогодні більшість кисню, що утворюється на Землі, є продуктом фотосинтезу океанського фітопланктону



*а*      *б*

Озон утворюється в природі під час грози (*а*) та під час роботи приладів (*б*)



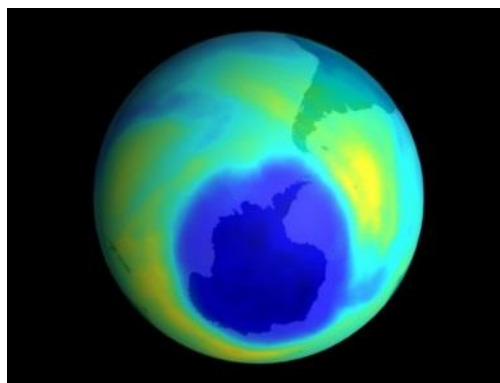
Кварцову лампу використовують для дезінфекції приміщень. Ця лампа — джерело ультрафіолету, під дією якого в повітрі утворюється озон, за наявності якого гинуть бактерії. Слід пам'ятати, що ультрафіолетове світло від цієї лампи

шкідливе для очей

## Озоновий шар. Біологічне значення озону



Озоновий шар у стратосфері захищає живі організми на Землі від шкідливого ультрафіолетового випромінювання



Озонова діра над Антарктидою (синім позначено ділянку зі зменшеним умістом озону). Її розмір та вміст озону коливається залежно від пори року: від повної відсутності до доволі критичних розмірів. 2011 року вона «зачепила» південь Австралії, що спричинило засуху

### Додаткові завдання до параграфа

#### Завдання для засвоєння матеріалу

28.1. Запишіть рівняння реакцій, складіть для них електронний баланс:

- а)  $\text{O}_3 + \text{KI} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{O}_2 + \dots$
- б)  $\text{O}_3 + \text{Mn}(\text{OH})_4 + \text{NaOH} \rightarrow$
- в)  $\text{O}_3 + \text{FeSO}_4 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow$
- г)  $\text{O}_3 + \text{PbS} \rightarrow$

### Комплексні завдання

28.2. Кисень об'ємом 4,368 л (н. у.) пропустили через озонатор. Обчисліть масу добутого озону, якщо на озон перетворюється 35 % кисню.

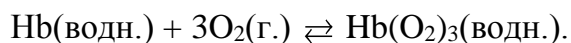
28.3. Магній масою 6 г засипали в колбу об'ємом 10 л, після чого колбу заповнили чистим киснем. Уміст колби прожарили. Обчисліть масу утвореного оксиду, зважаючи, що колбу заповнювали киснем за нормальних умов.

### Завдання з розвитку критичного мислення

28.4. Як ви вважаєте, чи можна виділити чистий кисень із повітря дією магніту, якщо інші гази повітря не взаємодіють із магнітним полем?

28.5. Уявіть, що перед вами дві однакові закриті колби, наповнені за однакових умов озonom і киснем. Як можна визначити, у якій з колб міститься кисень? Чи можна це дізнатися, не відкриваючи колби?

28.6. Кожна молекула гемоглобіну Hb містить по чотири йони Феруму(2+) і в середньому приєднує по три молекули кисню:



Використовуючи поняття про хімічну рівновагу, обговоріть виникнення гірської чи космічної хвороби.

### Міні-проекти

28.7. Схарактеризуйте спосіб одержання чистого кисню та скраплення кисню за фантастичним романом О. Беляєва «Продавець повітря» або за однойменною його екранізацією. Висловіть свою думку щодо відповідності описаних подій сучасним науковим уявленням.

28.8. У додаткових джерелах знайдіть інформацію про процеси, які спричиняють утворення та руйнування озонового шару Землі. Чому існуюча озонова діра утворилася саме над Антарктидою? Чи можуть такі діри існувати в інших місцях?

## Біографії видатних науковців



### **Маріо Моліна (нар. 1943 р.)**

Мексиканський хімік, один з найвідоміших дослідників озонових дір.

Народився в Мехіко в родині адвоката. 1965 року закінчив Національний автономний університет Мексики зі ступенем бакалавра з хімічної інженерії. Після цього навчався в університеті Фрайбурга і в Каліфорнійському університеті. Доктор філософії від 1972 року. Працював у Каліфорнійському університеті, Каліфорнійському і Массачусетському технологічних інститутах. Від 2004 року працює в Каліфорнійському університеті в Берклі. Від 1993 року є членом Національної академії наук США.

Найважливіші наукові дослідження присвячені хімії атмосфери. У 1980-х роках змодельював у лабораторних умовах вплив антарктичних стратосферних хмар на хімічні процеси в атмосфері. Досліджував хімічні та спектроскопічні властивості сполук, які впливають на стан атмосфери. Разом із Ф. Ш. Роулендом розробив теорію зменшення озонowego шару внаслідок фотолізу фреонів короткохвильовим УФ-випромінюванням. Ці дослідження ініціювали численні роботи з вивчення проблеми стратосферного озону.

Лауреат Нобелівської премії з хімії 1995 року за роботи з хімії атмосфери, особливо у зв'язку з утворенням і руйнуванням озону (разом із П. Крутценом і Ф. Ш. Роулендом).

Від 2004 року працює в Каліфорнійському університеті в Сан-Дієго.



**Пауль Йозеф Крутцен (нар. 1933 р.)**

Відомий голландський хімік, лауреат Нобелівської премії з хімії 1995 року за дослідження озонових дір в атмосфері.

Народився в м. Амстердам. Навчався у середній школі з поглибленим вивченням природничих наук. Вищу освіту здобув у Технічній школі, де здобув спеціальність цивільного інженера. Від 1958 року працював у мостобудівних бюро Амстердама та Евле. 1959 року отримав місце програміста на кафедрі метеорології Стокгольмського університету. Займався переважно метеорологічними проектами, а 1968 року захистив дисертацію на метеорологічну тему.

1971 року висловив гіпотезу про роль нітроген(I) оксиду в процесі каталітичного руйнування озону. 1973 року захистив дисертацію та здобув ступінь доктора наук.

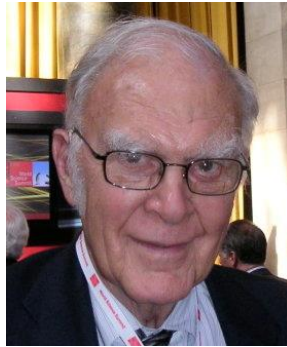
Основний напрямок досліджень — хімія стратосфери й тропосфери, біогеохімічні цикли та формування клімату на планеті.

Крутцен є одним із найвідоміших науковців, які вивчають глобальне потепління. Він є автором теорії ядерної зими та ймовірного стану клімату Землі в разі глобальної ядерної війни. Крутцен є активним прихильником геоінженерії — концепції активного втручання в природу з метою уповільнення або запобігання згубним змінам клімату.

1995 року Крутцен разом з американцями М. Моліна і Ф. Роуландом одержав Нобелівську премію за роботу з хімії атмосфери, зокрема у зв'язку з утворенням і руйнуванням озону.

2000 року Крутцен разом із Ю. Ф. Стормером запропонували термін «антропоцен» для характеристики сучасної геологічної епохи.

Дослідження Крутцена вплинули на розвиток таких нових наукових напрямків, як екологічна хімія та хімія атмосфери.



### **Франк Шервуд Роуленд (1927–2012)**

Народився в м. Делавер, штат Огайо. Під час навчання в школі цікавився атмосферними явищами і працював на місцевій станції погоди. 1943 року вступив до університету Огайо, але провчився лише два роки, бо пішов добровольцем у флот, де був оператором радарної установки. Після війни повернувся до навчання й закінчив університет. 1948 року вступив в аспірантуру на кафедру хімії Чиказького університету. Керівником Роуленда був Нобелівський лауреат В.Ф.Ліббі. Дисертація Роуленда була присвячена вивченню властивостей радіоактивних ізотопів Брому, отриманих за допомогою циклотрона. 1956 року стає доцентом Канзаського університету, а згодом і професором. Від 1964 року — завідувач кафедри хімії Каліфорнійського університету в Ірвіні.

Роуленд теоретично передбачив, що органічні газоподібні речовини, вироблені людиною, під дією сонячної радіації розкладаються в стратосфері. При цьому утворюються хлоровмісні речовини, які здатні руйнувати молекули озону.

1972 року, після доповіді Д. Лавлока про зроблені ним виміри концентрації слідів фреону  $\text{CCl}_3\text{F}$  в атмосфері, Роуленд доручив своєму помічникові М. Моліна провести такі дослідження. За три місяці вони зрозуміли, що фреони становлять значну проблему для навколишнього середовища. Моліна і Роуленд розробили теорію зменшення озонового шару за наявності фреонів.

1995 року Роуленд, М. Моліна та Й. Круц одержали Нобелівську премію за роботу з хімії атмосфери, особливо у зв'язку з утворенням і руйнуванням озону. Їх дослідження стимулювали розвиток таких відносно нових наукових напрямків, як хімія навколишнього середовища та хімія атмосфери.

На честь Роуленда названо астероїд 9681 Шервудроуленд.